



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Arquitectura  
Escuela de Arquitectura

# Levantamientos fotogramétricos en arquitectura moderna de Guatemala, aplicado a la fachada del CCMAA

Por: **E. Alejandro Bailey Leonardo**

Guatemala, Octubre de 2018





Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Arquitectura  
Escuela de Arquitectura

# **Levantamientos fotogramétricos en arquitectura moderna de Guatemala, aplicado a la fachada del CCMAA**

Proyecto desarrollado por  
**Ernesto Alejandro Bailey Leonardo**  
Al conferírsele el título de Arquitecto,  
en el grado académico de licenciatura

Guatemala, octubre de 2,018

"Me reservo los derechos de autor haciéndome responsable de las doctrinas sustentadas adjuntas, en la originalidad y contenido del Tema, en el Análisis y Conclusión final, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos".





## Junta Directiva

Dr. Byron Alfredo Rabe Rendón	Decano
Arq. Gloria Ruth Lara Cordón de Corea	Vocal I
Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini	Vocal II
MSc.Arq. Alice Michele Gómez García	Vocal III
Br. Kevin Christian Carrillo Segura	Vocal IV
Br. Ixchel Maldonado Enríquez	Vocal V
MSc.Arq. Publio Alcides Rodríguez Lobos	Secretario

## Tribunal Examinador

Dr. Byron Alfredo Rabe Rendón  
Dr. Danilo Ernesto Callén Álvarez  
Dra. Brenda Janeth Porras Godoy  
Dr. Raúl Monterroso Juárez  
MSc. Arq. Publio Alcides Rodríguez Lobos



## Dedicatoria

A mis padres	Edgar y Lucky, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional en todo el camino que he recorrido para llegar hasta este momento y nunca dejaron de creer en mí. Me han enseñado mucho y se encargaron de inculcarme valores éticos y morales. Sin ellos, nada de esto sería posible.
A mis hermanos	Edgar y Loren, porque han sido mi ejemplo de vida a seguir, una fuente de inspiración y motivación para alcanzar la excelencia.
A Mario Cifuentes	Por ser mi mejor amigo de toda la vida y porque siempre me dijo que era terco por tomar el camino más largo para terminar la carrera. Él tenía razón.
A mis amigos de la Facultad	Porque la vida me hizo coincidir con muy buenas amistades que hicieron que la carrera universitaria fuera una experiencia inolvidable.
A Javier Borrayo, Susana Borrayo y Diego Zambrano.	Porque me han demostrado ser de esos amigos que están presentes en las buenas y las malas. Porque me han apoyado cuando más los he necesitado.
A Scarlett Sarceño	Porque es por este proyecto que pude conocerla.



## Agradecimientos

Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma Máter que me vio madurar y crecer. Especialmente a la Facultad de Arquitectura, que me ha dado las herramientas necesarias para desenvolverme en un ámbito profesional.
A mis asesores	Porque nunca dudaron en apoyar este proyecto.
Al Dr. Danilo Callén	Porque siempre se mostró abierto a cualquier opción que aportara al proyecto y fue él quien me proporcionó de todo el equipo necesario para realizar las fotografías aéreas que son la base de esta propuesta de registro arquitectónico.
A mis amigos	Porque sin ellos, la carrera universitaria no habría sido lo mismo.
Al CCMAA	Por haberme permitido realizar el vuelo de drone y tomar las fotografías necesarias para el registro arquitectónico y completar este proyecto de graduación.



# Resumen

---







El presente documento contiene una reseña histórica de las diferentes herramientas de registro que el ser humano ha desarrollado con el paso del tiempo y los descubrimientos tecnológicos. Inicia con la prehistoria y la pintura rupestre, hasta el presente en el año 2018 y las herramientas digitales disponibles al momento de elaborar este proyecto.

El propósito de esta investigación teórica – practica es aplicar la Fotogrametría Digital de Rango Corto en edificios de gran escala. Al ser una técnica de vanguardia, en el ámbito nacional guatemalteco aun no se ha profundizado en su estudio y aplicación para el registro arquitectónico de los bienes inmuebles que forman parte del patrimonio cultural tangible de la nación.

La fotogrametría es la ciencia o técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o la intersección de dos o más puntos de referencia en distintas fotografías de un mismo objeto. En pocas palabras, fotogrametría significa *Las medidas de lo escrito con luz*.

Para incrementar la propuesta de valor de este proyecto, se decidió utilizar el Centro Cultural Miguel Ángel Asturias (CCMAA) como caso de estudio.

Las formas singulares de la morfología de las fachadas del Teatro Nacional representan un reto en cuanto a los levantamientos arquitectónicos, creando el escenario ideal para determinar los alcances y límites de la fotogrametría.

La arquitectura de este edificio, diseñado por el Arquitecto Efraín Recinos, es única en su contexto. Si bien su diseño corresponde a tendencias expresionistas, en la reseña histórica del Teatro Nacional incluida en este documento, se establece el motivo por el cual el conjunto arquitectónico se considera parte del Período Moderno de la arquitectura guatemalteca.

Este proyecto forma parte del Plan Estratégico Integral para la revitalización del CCMAA presentado por el Dr. Raúl Monterroso en el año 2015.

Para realizar la reconstrucción de la fachada Este del CCMAA se ejecutaron numerosas pruebas con distinto equipo y se hace una descripción detallada de los procedimientos realizados en cada una para la toma de fotografías necesarias para realizar el tejido fotogramétrico digital.

Con el fin de procesar digitalmente la información recopilada en campo, se utiliza una serie de programas digitales tanto para realizar el tejido fotogramétrico y así obtener los modelos tridimensionales. Así mismo, se exploran las diferentes herramientas de edición de modelos 3D en diferentes programas digitales y así depurar el modelo virtual de información que no sea necesaria para el análisis propio del elemento de estudio y posteriormente hacer propuestas virtuales de reconstrucción y visualización.

Los modelos digitales tridimensionales del edificio, generados en la realización de este estudio, permiten realizar mediciones en la fachada con formas de geometría no euclidiana, es así como se determinó la cantidad de metros cuadrados que están cubiertos por mosaico blanco veneciano en la fachada Este del CCMAA.

Las diferentes pruebas de registro digital por fotogrametría de rango corto concluyen en la elaboración de un manual de aplicación de la técnica para que esta pueda ser replicada en diferentes elementos arquitectónicos, además, de ser un documento de apoyo a la academia en los cursos de historia de la arquitectura y específicamente en la línea de desarrollo profesional del arquitecto en el campo de la conservación de monumentos.

Se incluye un análisis de la situación actual de la fachada Este del Teatro Nacional, enfocado en el mosaico veneciano blanco que recubre la mayoría de los volúmenes del inmueble, describiendo el nivel de deterioro del material, las posibles causas y la recomendación técnica para la conservación del bien patrimonial.

# Tabla de contenido

<b>RESUMEN .....</b>	<b>VIII</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>5</b>
TEMA.....	7
SUBTEMA.....	7
PROBLEMA .....	7
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>DELIMITACIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
FASE UNO - INVESTIGACIÓN .....	19
<i>Fuentes de información.....</i>	19
Fuentes primarias.....	19
Fuentes secundarias .....	19
FASE DOS - APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE FOTOGRAMETRÍA DIGITAL DE RANGO CORTO. ....	19
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
OBJETIVO GENERAL.....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>25</b>
LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO.....	27
LEVANTAMIENTO FOTOGRÁFICO.....	27
CROQUIS .....	27
FACHADA.....	27
FOTOGRAMETRÍA .....	27
ESCANEÓ 3D .....	27
PATRIMONIO .....	27
MONUMENTO .....	27
SOFTWARE .....	28
REALIDAD AUMENTADA.....	28
CCMAA .....	28
<b>REFERENTE HISTÓRICO DE ARQUITECTURA MODERNA.....</b>	<b>29</b>
ARQUITECTURA MODERNA.....	31
ARQUITECTURA MODERNA EN GUATEMALA .....	33
<b>CENTRO CULTURAL MIGUEL ÁNGEL ASTURIAS .....</b>	<b>35</b>
UN TEATRO NACIONAL EN GUATEMALA .....	37
EL CENTRO CULTURAL MIGUEL ÁNGEL ASTURIAS .....	38
<b>ESTRATEGIA DE REVITALIZACIÓN INTEGRAL PARA EL CCMAA.....</b>	<b>43</b>
ESTRATEGIA DE REVITALIZACIÓN INTEGRAL DEL CCMAA .....	45

<i>Plan Estratégico Institucional</i> .....	45
<i>Plan Maestro</i> .....	45
<i>Plan de manejo</i> .....	46
<b>EFRAÍN RECINOS</b> .....	<b>47</b>
EFRAÍN RECINOS .....	49
<b>EVOLUCIÓN DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE REGISTRO</b> .....	<b>51</b>
PINTURA EN PIEDRA .....	53
EL PAPEL .....	54
EL PRIMER MAPA .....	55
DIBUJO EN PAPIRO .....	56
ESCRITURA EN PERGAMINO .....	57
LA CÁMARA OSCURA .....	58
PRIMERA FOTOGRAFÍA .....	60
EL DAGUERROTIPO .....	61
ARCHIVO FOTOGRÁFICO DE LOS HERMANOS ALINARI .....	63
FOTOGRAFÍA DIGITAL .....	65
LA FOTOGRAMETRÍA .....	66
METROFOTOGRAFÍA .....	66
FOTOGRAMETRÍA ANALÓGICA .....	66
FOTOGRAMETRÍA ANALÍTICA .....	67
FOTOGRAMETRÍA DIGITAL .....	67
<b>REFERENTE CONCEPTUAL</b> .....	<b>69</b>
EL USO DE LA FOTOGRAFÍA EN LA ARQUITECTURA .....	71
FOTOGRAFÍA DE PATRIMONIO .....	71
ORTO FOTOGRAFÍA .....	72
TERMOGRAFÍA .....	72
NUEVAS TECNOLOGÍAS 3D EN ARQUITECTURA .....	73
ESCÁNERES LÁSER 3D .....	74
ESCÁNERES BASADOS EN LUZ ESTRUCTURADA .....	77
FOTOGRAMETRÍA .....	78
<i>Tipos de Fotogrametría</i> .....	79
Fotogrametría Aérea .....	79
Fotogrametría Terrestre .....	79
Fotogrametría analógica .....	79
Fotogrametría analítica .....	79
Fotogrametría digital .....	80
APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA EN ARQUITECTURA .....	80
FOTOGRAMETRÍA DE RANGO CORTO .....	81
SOFTWARE .....	82
<i>Autodesk ReCap</i> .....	83
<i>Autodesk ReCap Photo</i> .....	84
<i>3D Studio Max</i> .....	84
<i>Autodesk Revit</i> .....	84
EQUIPO NECESARIO PARA FOTOGRAFÍA ARQUITECTÓNICA .....	85
Cámara .....	85
El trípode .....	87
Disparador Remoto .....	87
Drone .....	87
Cinta métrica y flexómetro .....	88
Capturas fotográficas .....	88

<b>LEGISLACIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE MONUMENTOS PATRIMONIALES.....</b>	<b>91</b>
CARTA DE ATENAS, CONFERENCIA DE ATENAS (1931).....	93
CONVENCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE LOS BIENES CULTURALES EN CASO DE CONFLICTO ARMADO Y REGLAMENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA CONVENCIÓN (1954).....	93
CARTA DE VENECIA CARTA INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MONUMENTO Y CONJUNTOS HISTÓRICOS-ARTÍSTICOS. (1964) .....	94
NORMAS DE QUITO (1967) .....	94
CONVENIO PARA LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO MUNDIAL, CULTURAL Y NATURAL. PARIS (1972) .....	94
CARTA EUROPEA DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO. ÁMSTERDAM (1975).....	95
CARTA DE TURISMO CULTURAL, ADOPTADA POR ICOMOS (1976) .....	95
CONCLUSIONES DEL COLOQUIO SOBRE LA PRESERVACIÓN DE LOS CENTROS HISTÓRICOS ANTE EL CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES CONTEMPORÁNEAS. QUITO (1977).....	95
CONVENCIÓN PARA LA SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DE EUROPA. CONVENCIÓN DE GRANADA (1985) .....	96
CARTA DE BURRA - CARTA PARA LA CONSERVACIÓN DE LUGARES DE VALOR CULTURAL (1979 – 1982 – 1988 – 1999) .....	97
DOCOMOMO – DECLARACIÓN DE EINDHOVEN-SEOUL 2014.....	99
LEGISLACIÓN NACIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE MONUMENTOS PATRIMONIALES.....	100
<b>CONTEXTO DEL LUGAR .....</b>	<b>103</b>
REPÚBLICA DE GUATEMALA .....	105
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA .....	105
MUNICIPIO DE GUATEMALA – CIUDAD CAPITAL .....	105
LOCALIZACIÓN .....	106
<b>CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>107</b>
REGISTRO DEL CCMAA POR MEDIO DE FOTOGRAFÍAS. ....	109
<i>Equipo fotográfico utilizado .....</i>	<i>109</i>
<b>PROCESO DE TRABAJO.....</b>	<b>111</b>
TOMA DE FOTOGRAFÍAS.....	113
AUTODESK RECAP .....	113
<i>Revisión del modelo 3D .....</i>	<i>117</i>
<i>Manipulación de la nube de puntos.....</i>	<i>118</i>
<i>Herramientas de análisis en ReCap.....</i>	<i>118</i>
RECAP PHOTO .....	120
<i>Edición del modelo. ....</i>	<i>123</i>
<i>Vistas Ortogonales .....</i>	<i>124</i>
<i>Creación de Recorridos Virtuales y exportación de imágenes. ....</i>	<i>126</i>
Exportar una imagen del modelo virtual. ....	126
Exportar un recorrido del modelo virtual.....	127
<b>ENSAYOS CON DIFERENTE EQUIPO FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>129</b>
APLICACIÓN CON DISPOSITIVO MÓVIL.....	131
<i>Resultado .....</i>	<i>132</i>
APLICACIÓN CON CÁMARA DE ACCIÓN.....	133
<i>Resultado .....</i>	<i>134</i>
APLICACIÓN CON DRONE .....	136
<i>Prueba 1 .....</i>	<i>136</i>
Resultado. ....	137
<i>Prueba 2 .....</i>	<i>138</i>

Resultado .....	139
<i>Prueba 3: Aplicación elegida</i> .....	140
Resultado .....	141
EDICIÓN DEL MODELO ELEGIDO .....	142
<i>Depuración del entorno</i> .....	143
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	145
<i>Dibujo bidimensional</i> .....	145
Autodesk Revit .....	145
<i>Análisis tridimensional</i> .....	161
Agregar un grosor a las herramientas piezas .....	161
<i>Visualización del modelo con texturas realistas</i> .....	162
Sketchfab .....	162
Seccionamiento de superficies .....	163
Definición de áreas .....	164
<b>CUANTIFICACIÓN DE ÁREAS</b> .....	<b>167</b>
SUPERFICIE 1 .....	171
SUPERFICIE 2 .....	172
SUPERFICIE 3 .....	173
SUPERFICIE 4 .....	174
SUPERFICIE 5 .....	175
SUPERFICIE 6 .....	176
SUPERFICIE 7 .....	177
SUPERFICIE 8 .....	178
SUPERFICIE 9 .....	179
SUPERFICIE 10 .....	180
SUPERFICIE 11 .....	181
SUPERFICIE 12 .....	182
<b>ESTADO ACTUAL DE LA FACHADA ESTE DEL CCMAA</b> .....	<b>183</b>
MOSAICO VENECIANO .....	189
CAUSAS DEL DETERIORO .....	189
<i>Agentes físicos de deterioro</i> .....	189
Temperatura .....	189
Luz .....	189
<i>Agentes químicos</i> .....	189
Agua .....	189
CAUSAS CLIMÁTICAS DEL DETERIORO .....	189
<i>Lluvia</i> .....	189
ANÁLISIS .....	191
<b>MANUAL DE APLICACIÓN – FOTOGRAMETRÍA DIGITAL DE RANGO CORTO</b> .....	<b>193</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>247</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>251</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>255</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>259</b>
DOCUMENTACIÓN DIGITAL .....	261
<i>Archivo de Manual de aplicación</i> .....	261
<i>Archivo de planos en PDF</i> .....	261
<i>Revit</i> .....	261
<i>Sketchfab</i> .....	262

<i>Autodesk ReCap 360</i> .....	262
<i>Autodesk 3DS Max</i> .....	262
<i>Autodesk ReCap Photo</i> .....	263
PRINCIPIO BÁSICO DEL DAGUERROTIPO.....	263
TIM'S VERMEER.....	263





# Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 modelo generado por fotogrametría. ....	12
Ilustración 2 Diagrama de un proyecto de Conservación o Restauración.....	16
Ilustración 3 Palacio de Cristal de Londres.....	31
Ilustración 4 Fotomontaje presentado en 1962 para el proyecto de construcción del Teatro Nacional.....	38
Ilustración 5 Representación digital de los planos del diseño original del teatro nacional diseñado por M. Vinicio Asturias .....	38
Ilustración 6 Superposición de diseño de E. Recinos y el diseño original del teatro de M.A. Asturias .....	39
Ilustración 7 Distribución interna de asientos en la Gran Sala del Teatro Nacional.....	39
Ilustración 8 Construcción del cubo escénico de la Gran Sala .....	40
Ilustración 9 Construcción de la Fase 1 de la Fachada Este del CCMAA.....	40
Ilustración 10 Vista aérea del Centro Cívico durante la construcción del teatro nacional .....	41
Ilustración 11 Construcción de la Fase 2 de la Fachada Este del CCMAA...	41
Ilustración 12 Fachada de Ingreso de Artistas.....	46
Ilustración 13 Efraín Recinos sosteniendo una sección que muestra la comparación del diseño original del Teatro Nacional y su propuesta. ....	49
Ilustración 14 Caza de búfalos, Tassili n'Ajjer, Sáhara, Argelia. ....	53
Ilustración 15 Fabricación artesanal de una hoja de papel .....	54
Ilustración 16 Mapa babilonio considerado como el primer mapa del mundo. ....	55
Ilustración 17 Papiro con textos jeroglíficos.....	56
Ilustración 18 Pintura realizada en una cámara oscura .....	58
Ilustración 19 Tim Jenison haciendo una pintura con una reinención de la cámara oscura .....	59
Ilustración 20 Comparación de la obra original de Vermeer (izquierda) y la recreación de Tim Jenison (derecha).....	59
Ilustración 21 Primera fotografía conservada de la historia, Niepce 1826 ....	60
Ilustración 22 Cámara para obtener vistas con el proceso de daguerrotipo. 61	
Ilustración 23 Dispositivos utilizados para reducir el movimiento y poder obtener retratos de daguerrotipo.....	62
Ilustración 24 Daguerrotipo de Edgar Allan Poe, 1848 .....	62
Ilustración 25 Archivo Alinari, 1900.....	63
Ilustración 26 Impresión fotográfica original del Museo Alinari, 2015 .....	64
Ilustración 27 “Mi sueño”, Clara María Villalba 2013.....	65
Ilustración 28 Comparación entre una reconstrucción 3D y un escaneo 3D. 73	
Ilustración 29 Escáner Láser.....	75
Ilustración 30 Escaneo aéreo con LiDAR .....	76

Ilustración 31 Funcionamiento de escaneo por luz estructurada .....	77
Ilustración 32 Equipo y proyección de luz estructurada para escaneo de objetos. ....	77
Ilustración 33 Puntos de referencia intersectados .....	79
Ilustración 34 Esquema de funcionamiento de Modelo SfM .....	81
Ilustración 35 Cámara DSLR .....	86
Ilustración 36 Partes de la cámara.....	86
Ilustración 37 Drone Cuadricóptero .....	87
Ilustración 38 Capturas fotográficas.....	88
Ilustración 39 Captura fotográfica en interiores.....	89
Ilustración 40 - El proceso de la Carta de Burra .....	98
Ilustración 41 Diagrama de resumen de legislación en materia de Patrimonio Cultural en Guatemala, Elaborado por la Dr. Brenda Porras para el curso de Conservación de Monumentos de Facultad de Arquitectura de la Universidad San Carlos de Guatemala.....	101
Ilustración 42 Mapa de ubicación municipio de Guatemala .....	106
Ilustración 43 Ubicación del CCMAA .....	106
Ilustración 44 Teléfono celular marca Apple, modelo 6S .....	109
Ilustración 45 Drone Phantom 4.....	110
Ilustración 46 Pantalla inicial de Autodesk ReCap.....	113
Ilustración 47 Autodesk ReCap 360, creación de un nuevo proyecto.....	114
Ilustración 48 Agregar fotografías al proyecto .....	115
Ilustración 49 Revisión de fotografías .....	115
Ilustración 50 Configuración del proyecto .....	116
Ilustración 51 Revisión del modelo en ReCap 360 .....	117
Ilustración 52 Herramienta de selección .....	118
Ilustración 53 Herramienta de visualización.....	119
Ilustración 54 Coloración de puntos según la dirección de la normal de superficie .....	119
Ilustración 55 Ventana inicial de Autodesk ReCap Photo .....	120
Ilustración 56 Vista de sólido sin textura.....	121
Ilustración 57 Vista realista .....	121
Ilustración 58 Vista de mesh.....	122
Ilustración 59 Vista de mesh con textura de color.....	122
Ilustración 60 Vista de Rayos X .....	123
Ilustración 61 54 Herramientas de edición ReCap Photo .....	124
Ilustración 62 Comparación de imagen con perspectiva y ortogonal .....	125
Ilustración 63 Creación de vistas ortogonales .....	125
Ilustración 64 Menú de exportación de imágenes.....	126
Ilustración 65 Menú de exportación de videos.....	127
Ilustración 66 Proyección de fotogramas capturados con una celular marca Apple, modelo iPhone 6S. ....	131
Ilustración 67 Modelo virtual creado con fotos de un celular. ....	132

Ilustración 68 Detalle de las zonas incompletas del modelo .....	132
Ilustración 69 aplicación con una cámara de acción.....	133
Ilustración 70 Vista en detalle de resultado de cámara de acción .....	134
Ilustración 71 Resultado de prueba con cámara de acción .....	135
Ilustración 72 Esquema que indica la separación al edificio y la elevación del Drone. ....	136
Ilustración 73 Las líneas rojas indican las alturas en las que se realizaron las fotografías y la separación del drone al edificio .....	136
Ilustración 74 Vista en planta del modelo, se muestra la falta de información visual para construcción del modelo completo.....	137
Ilustración 75 Modelo 3D creado por ReCap a partir de fotografías equidistantes del objeto arquitectónico. ....	137
Ilustración 76 Las líneas rojas indican las posiciones en que se realizaron las fotografías y su relación con el edificio. ....	138
Ilustración 77 Captura de fotogramas en vista de planta esquemática.....	138
Ilustración 78 Detalle del área con mayor conflicto en cuanto a la recreación virtual del edificio. ....	139
Ilustración 79 Modelo 3D creado por ReCap a partir de 250 fotogramas proyectados en distintas perspectivas y distancias.....	139
Ilustración 80 Visualización de los fotogramas empleados para el registro fotogramétrico .....	140
Ilustración 81 Modelo generado con 250 fotografías en la prueba 3 .....	141
Ilustración 82 Identificación de las zonas a depurar del modelo 3D obtenido en la prueba 3.....	142
Ilustración 83 Selección del área de interés .....	143
Ilustración 84 Herramientas de selección ReCap Photo .....	143
Ilustración 85 Vista Isométrica del modelo luego de la depuración.....	144
Ilustración 86 Vista en planta del modelo luego de la depuración .....	144
Ilustración 87 Insertar nube de puntos en Revit.....	145
Ilustración 88 Vista en elevación de la nube de puntos .....	146
Ilustración 89 Insertar PNG para redibujar fachada .....	147
Ilustración 90 Superposición de imagen y líneas de dibujo .....	148
Ilustración 91 Superposición de imagen monocromática.....	149
Ilustración 92 Visualización de líneas de dibujo de la fachada .....	150
Ilustración 93 Modelo con propiedades de grosor. ....	161
Ilustración 94 Selección del modelo y aplicación del modificador Shell.....	161
Ilustración 95 Visualización de modelo realista en la plataforma Sketchfab	162
Ilustración 96 Identificación de piezas cubiertas por mosaico blanco .....	163
Ilustración 97 selección de pieza .....	164
Ilustración 98 selección invertida en el modelo .....	165
Ilustración 99 eliminación de material residual del modelo para aislar la pieza de interés .....	165
Ilustración 100 Identificando zonas que aún deben depurarse .....	166

Ilustración 101 Resultado final de la depuración de la pieza de estudio.....	166
Ilustración 102 Importar un modelo a 3D Studio Max .....	169
Ilustración 103 Identificación de los pazos para obtener las medidas área de la pieza en 3D Studio Max.....	170
Ilustración 104 Vista de panel de medidas del modelo .....	170
Ilustración 105 Agrietamiento por efectos del agua .....	190
Ilustración 106 Desprendimiento de material .....	190
Ilustración 107 Presencia de humedad.....	191
Ilustración 108 Representación de escurrimiento de agua de lluvia en la superficie de la fachada. ....	192

## Antecedentes

---





Todo edificio construido tiene vida, y al igual que todos los organismos vivientes, los edificios envejecen con el tiempo y se hace necesario aplicar criterios de conservación para mantener viva la esencia del objeto arquitectónico y dependiendo la situación, los trabajos de restauración de algunos elementos se vuelven indispensables.

El conjunto del Centro Cultural Miguel Ángel Asturias está emplazado en la colina de San José, en el Centro Cívico de la Ciudad Capital de Guatemala, en lo que originalmente fue El Fuerte de San José. Este lugar fue incendiado durante la revolución de 1944, reduciéndolo a escombros. El arquitecto Marco Vinicio Asturias tuvo la idea inicial de crear un Centro Cultural y en 1961 le presentó la propuesta al presidente Miguel Idígoras Fuentes, La construcción se detuvo en 1963 a causa de un golpe de Estado. En 1965, con la muerte del arquitecto Asturias, se abandonó por completo la construcción, habiendo terminado únicamente los cimientos.

En 1971 se le encargó al maestro Efraín Recinos el proyecto de construcción de un nuevo Centro Cultural. El diseño debía ser integral e incluir elementos naturales, indígenas y culturales. Debía integrar el ya construido Teatro al aire libre y el Fuerte de San José a la propuesta.

Con el paso del tiempo se han perdido muchos documentos e información de la planificación original en el archivo del CCMAA. Los planos que se conservan no corresponden a la realidad construida debido a que, durante su construcción, el Maestro Recinos hizo muchas modificaciones in situ a lo proyectado originalmente en planos y, hoy por hoy, no se dispone de las bitácoras de obra ni de ningún registro formal de estas modificaciones.

Durante la gestión del Doctor en Arquitectura Raúl Monterroso, como Director del Teatro Nacional, se creó un Plan Estratégico Integral para el CCMAA, este abarca todos los aspectos necesarios para conservar el bien patrimonial y renovar la vitalidad del inmueble. Se han identificado políticas, programas y proyectos que derivan de un Plan Estratégico Institucional y un Plan Maestro.

El arquitecto Álvaro Veliz, asumió el cargo de Director posteriormente y retoma los proyectos encaminados para la conservación del CCMAA.

Uno de los proyectos es la revitalización de la Fachada Este, también conocida como la Fachada de ingreso de artistas. El mosaico blanco, que cubre el teatro se ha deteriorado significativamente y pone en peligro la integridad física del edificio.

La morfología expresionista de la plástica en las fachadas del teatro dificulta hacer mediciones tradicionales y calcular las áreas cubiertas con mosaico se convierte en una tarea sumamente laboriosa y tediosa. Sin embargo, es una labor necesaria para poder llegar a establecer volúmenes de obra y tener una

cuantificación del material requerido para realizar el trabajo y así, llevar a cabo la revitalización de la fachada.

Los levantamientos arquitectónicos tradicionales no son los métodos más eficientes para conseguir los datos requeridos. Es por esto que se propone realizar un levantamiento digital del elemento arquitectónico y aplicar técnicas de fotogrametría de rango corto para hacer una captura de realidad y así realizar las mediciones necesarias y obtener información.



## Identificación del Problema

---





## **Tema**

Levantamientos arquitectónicos por medio de la fotogrametría digital.

## **Subtema**

Aplicación del método en un caso de estudio en un objeto arquitectónico del período de la arquitectura moderna de Guatemala.

## **Problema**

Los levantamientos arquitectónicos para registro de información en elementos de obra civil o monumentos patrimoniales se han realizado de distintas maneras a lo largo de la historia. Con el pasar del tiempo y el desarrollo tecnológico, surgen nuevas técnicas que resultan ser precisas y eficaces, obteniendo así, resultados con mayor cantidad de información en un tiempo considerablemente menor. Actualmente, la tecnología se ha desarrollado de tal manera que, los procesos analógicos que solían ser laboriosos y lentos se han automatizado y es gracias a las computadoras y los algoritmos matemáticos que todos estos procesos se han podido simplificar. Esto permite ahorrar tiempo, esfuerzo y recursos.

El desarrollo de la fotogrametría digital es una oportunidad de ampliar la cantidad de información que se obtiene en los levantamientos arquitectónicos para fines que no solo se limitan al campo de la conservación o restauración de monumentos, sino que tienen aplicación en todos los campos que abarca la arquitectura como tal. Estas herramientas permiten realizar un registro virtual tridimensional de manera fidedigna de la situación actual de los elementos arquitectónicos y de acuerdo con ese modelo, poder generar una documentación de planos completa.

Estas técnicas de vanguardia se están empezando a utilizar en otras partes del mundo, sin embargo, en el medio guatemalteco aún no se ha profundizado en el tema. A nivel nacional en general, existe una desactualización de conocimiento en el desarrollo de la fotogrametría como una técnica de registro digital rápida y económica. Se identifica la necesidad de desarrollar un manual de aplicación de fotogrametría para que pueda ser implementada de manera correcta y puedan ser consideradas un complemento importante para los levantamientos arquitectónicos.

Actualmente es posible aplicar diferentes técnicas de registro, de manera digital, con una gran variedad de recursos que están al alcance de la mano y de uso cotidiano. Dependiendo de las características y necesidades del levantamiento arquitectónico, no es indispensable invertir grandes cantidades de dinero en equipo especializado para poder obtener un resultado satisfactorio.

Dispositivos electrónicos que van desde la cámara de un celular de gama media-alta, o cualquier cámara digital, hasta un equipo altamente sofisticado de escaneo laser 3D pueden ser utilizados en estos procesos y con una correcta aplicación de la fotogrametría digital, es posible tener resultados de gran precisión.

## Justificación

---





En el contexto guatemalteco, los trabajos de remodelaciones en obras arquitectónicas recientes y los trabajos de conservación de patrimonio requieren de mucha eficacia en cuanto a la administración del tiempo para reducir los costos de operaciones. En muchas ocasiones, la documentación de los planos es inexistente, o se han realizado cambios y alteraciones en los objetos arquitectónicos, de los cuales no hay ningún registro disponible.

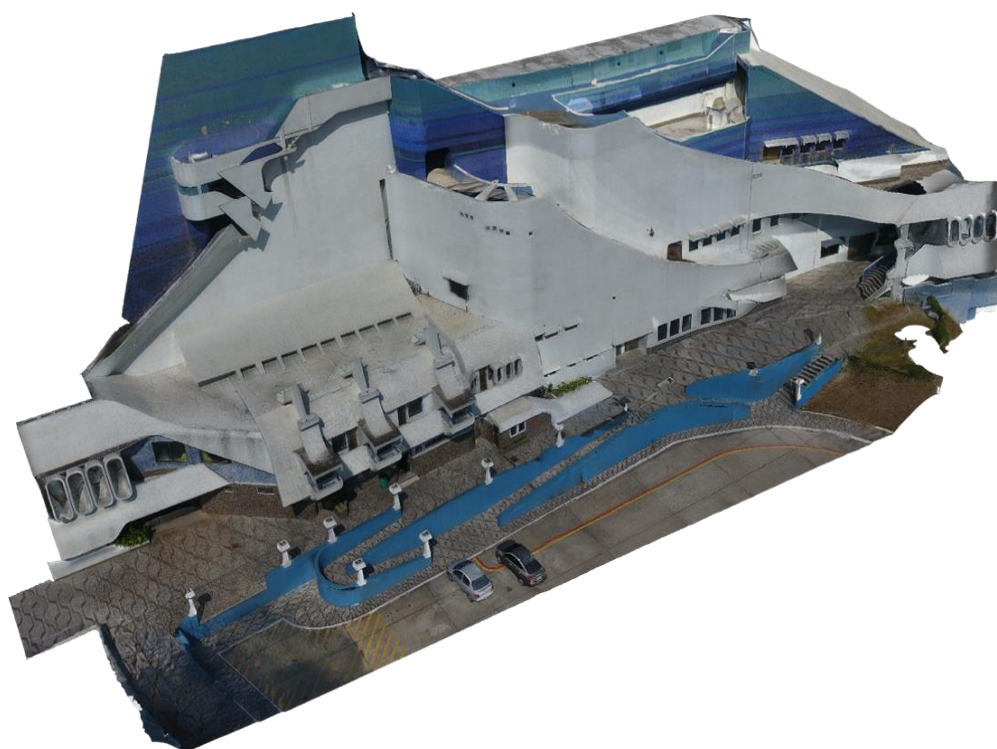
Con los nuevos avances tecnológicos, cada día surgen nuevos dispositivos y programas informáticos para digitalizar información que permiten una mejor visualización de los objetos de estudio y obtener una mayor cantidad de datos en un tiempo menor. Es gracias a estas herramientas que es posible optimizar el tiempo para trabajar y realizar mediciones de manera sencilla, eficiente, y certera.

Es por esto que se plantea la implementación de técnicas de vanguardia, que se están aplicando en otras partes del mundo, a un ámbito nacional con el fin de complementar los levantamientos arquitectónicos tradicionales, para hacer registros de la arquitectura nacional y generar una mayor cantidad de información con un lenguaje de lectura universal.

Existen diversas maneras de realizar estos registros digitales de información, sin embargo, este proyecto, contempla la utilización de herramientas tecnológicas de bajo costo. Se evidenciará las ventajas y limitantes de este método.

Sacando provecho de la fotografía digital, y de programas informáticos que permiten una reconstrucción tridimensional de objetos físicos mediante el tejido de fotografías, se pretende establecer un flujo de trabajo para procesar la información generada en los registros fotogramétricos de rango corto, para realizar levantamientos arquitectónicos y generar una documentación en planos 2D y representaciones 3D digitales de la situación física en la que se encuentren las construcciones al momento de realizar los trabajos. Para esto, se hace un manual explicativo de los métodos propuestos con un ejemplo aplicado, en el *Centro Cultural Miguel Ángel Asturias*, para que sea posible replicar la técnica propuesta en cada levantamiento que se desee realizar.

Para ejemplificar el potencial del registro digital, se ha decidido utilizar el Centro Cultural Miguel Ángel Asturias como objeto de estudio. Al ser este un elemento arquitectónico patrimonial, representativo de la arquitectura guatemalteca, brinda la oportunidad generar un aporte sustancial de información que sea de utilidad para su conservación. Actualmente se necesita cuantificar el área de las superficies cubiertas con mosaico blanco veneciano en esta fachada para determinar la cantidad de material necesario para realizar una renovación del material deteriorado para efectos de conservación del patrimonio. Sin embargo, no se cuenta con un juego de planos de la fachada y el tratamiento de la plástica en la morfología del edificio dificulta realizar mediciones tradicionales para obtener áreas de superficie para realizar trabajos de conservación del monumento.



*Ilustración 1 modelo generado por fotogrametría.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



## Delimitación

---





La propuesta de este trabajo está enfocada en el registro digital de elementos arquitectónicos desarrollados en el periodo moderno de la arquitectura en Guatemala. El cual se desarrolló en la segunda mitad del siglo XX.

Considerando el Centro Cívico de la Ciudad Capital como una de las mayores representaciones de este movimiento arquitectónico. Se ha seleccionado la Fachada Este del Centro Cultural Miguel Ángel Asturias, también conocida como “Fachada de Ingreso de Artistas”, como elemento de estudio debido a sus características morfológicas.

El flujo de trabajo propuesto está basado en un ecosistema de software de la empresa AutoDesk, el cual permite realizar un escaneo virtual de elementos con un mínimo de 15 fotogramas y un máximo de 250 fotogramas por modelo. Si bien es posible realizar un escaneo completo de todo el CCMAA, se ha decidido priorizar la fachada Este, para obtener un modelo con un nivel de detalle superior e información precisa, ya que este modelo servirá para realizar mediciones importantes de áreas de superficie cubiertas por mosaico blanco.

Realizar este levantamiento arquitectónico es suficiente para conocer las capacidades de la fotogrametría digital en el registro de arquitectura y permite establecer parámetros de consideración para replicarlo en otras edificaciones.

Los proyectos de conservación o restauración arquitectónica deben seguir un proceso para identificar las acciones necesarias, según los requerimientos del proyecto. El registro fotogramétrico del CCMAA aporta información útil a la fase de investigación previo a realizar un diagnóstico concreto en cuanto las intervenciones necesarias para fines de conservación del patrimonio.

Un proyecto de conservación o Restauración está basado en 3 fases de ejecución. Este proyecto de graduación abarca las primeras 2 fases, siendo estas la fase de investigación y la fase de análisis. La tercera fase es la de Intervención, donde se materializan todas las acciones planteadas en las fases anteriores, esta fase se considera para un proyecto complementario en el que un Arquitecto Maestro en Conservación de Monumentos retome este estudio.

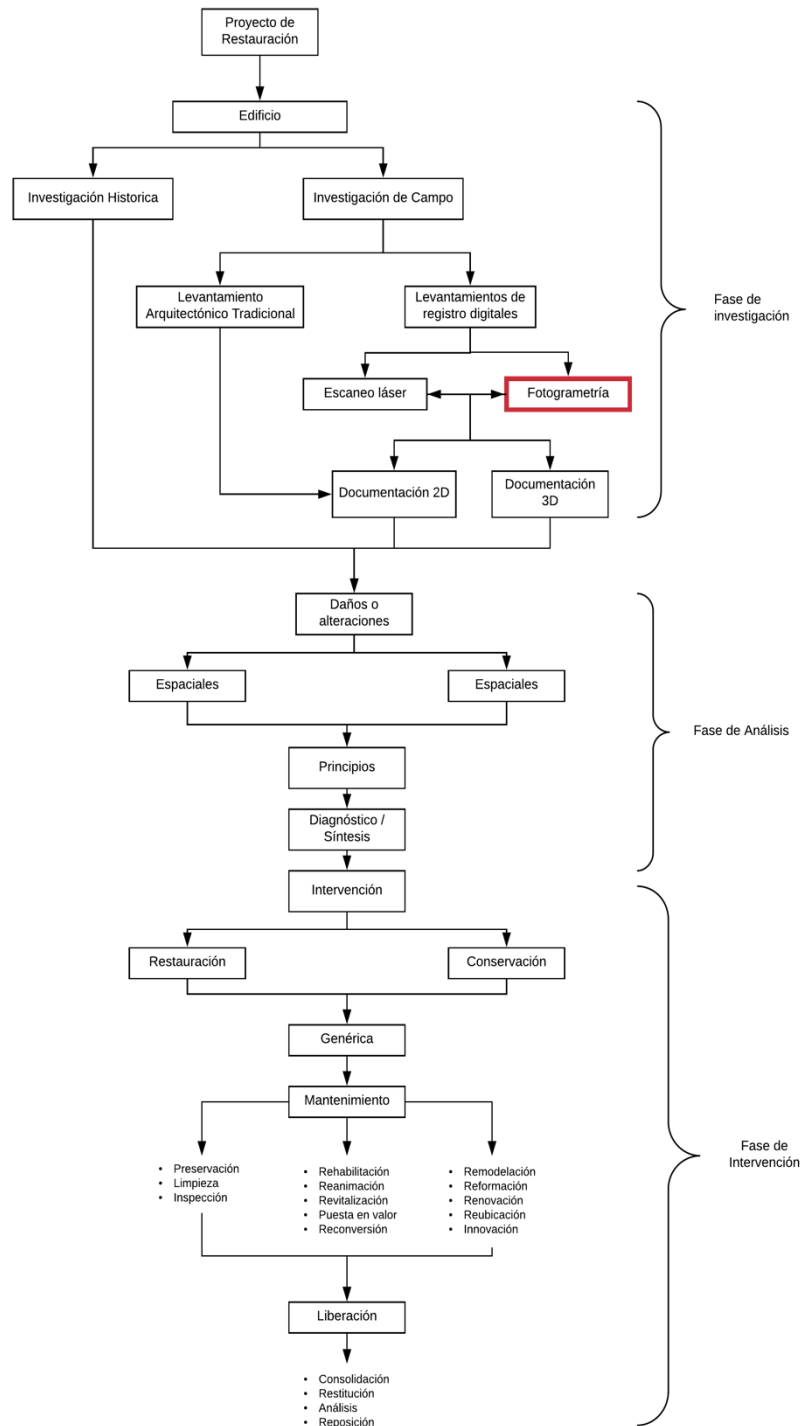


Ilustración 2 Diagrama de un proyecto de Conservación o Restauración.

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

## Metodología

---





El estudio está basado en la aplicación de una técnica de levantamiento arquitectónico digital para registro, Por lo que se ha planteado dividir la propuesta en tres fases

### **Fase uno - Investigación**

En esta fase concierne la recopilación cualitativa de la información teórica que permita definir el tema mediante la búsqueda de una necesidad y el planteamiento de un problema. Realizar una justificación del proyecto sustentada en antecedentes y así, poder establecer objetivos.

#### **Fuentes de información**

##### *Fuentes primarias*

- publicaciones científicas, revistas, diarios, entrevistas, trabajo de campo, y casos análogos.

##### *Fuentes secundarias*

- Libros, tesis, enciclopedias y fuentes de internet.

### **Fase dos - Aplicación de la técnica de Fotogrametría digital de rango corto.**

Se realizan escaneos virtuales del objeto de estudio con distintos instrumentos fotográficos para hacer una comparación de resultados. Establecer un flujo de trabajo adecuado para procesar la información y generar los modelos tridimensionales, realizar mediciones y obtener los planos del levantamiento arquitectónico.

Fase tres- Manual de aplicación de la técnica: Elaboración de un manual de aplicación de la técnica utilizada para que pueda ser replicada en otros elementos arquitectónicos en futuras labores de investigación y registro de arquitectura. Se redactan las conclusiones y recomendaciones.





## Objetivos

---





## **Objetivo general**

- Crear un manual de aplicación para que la técnica pueda ser replicada en otros elementos arquitectónicos.

## **Objetivos específicos**

- Aplicar la fotogrametría de rango corto para el levantamiento y registro de objetos arquitectónicos del periodo de la arquitectura moderna de Guatemala.
- Crear un manual de aplicación para que la técnica pueda ser replicada en otros elementos arquitectónicos.
- Exponer el potencial de la fotogrametría digital de rango corto en el campo de la arquitectura.
- Establecer un flujo de trabajo para la aplicación de la técnica.
- Utilizar tecnología digital de vanguardia y de bajo costo, que sea accesible y de uso universal.
- Comparar resultados obtenidos de un mismo objeto de estudio con diferente equipo fotográfico.
- Medir el área de las superficies cubiertas por mosaico blanco en la fachada Este del CCMAA.



## Glosario

---





Para comprender bien el tema y los elementos que conforman esta propuesta de métodos, es necesario definir algunos conceptos básicos de palabras que serán utilizadas con frecuencia en este documento.

### **Levantamiento Arquitectónico**

Reconocimiento físico de un objeto arquitectónico realizando mediciones para obtener todas las dimensiones y geometrías de una edificación.

### **Levantamiento Fotográfico**

Registro fotográfico de la situación física del objeto arquitectónico. Incluye información de daños, alteraciones, sistemas constructivos, materiales, geometrías y color.

### **Croquis**

Dibujo o esbozo rápido y esquemático.<sup>1</sup>

### **Fachada**

Cualquier paramento exterior de una edificación.<sup>2</sup>

### **Fotogrametría**

Ciencia o técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías.<sup>3</sup>

### **Escaneo 3D**

Captura de información de la geometría, y en algunos casos geolocalización de un objeto o espacio.

### **Patrimonio**

Bienes culturales inestimables e irremplazables de la humanidad, pues representan una simbología histórico-cultural particular para los habitantes de una cierta comunidad. Al ser elementos de valor excepcional desde el punto de vista no solo histórico, sino artístico, científico y tecnológico, estos requieren su conservación, progreso y difusión.<sup>4</sup>

### **Monumento**

Obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de

---

<sup>1</sup> (Real Academia Española, 2014)

<sup>2</sup> (Arqys Arquitectura, 2012)

<sup>3</sup> (Topoequipos, s.f.)

<sup>4</sup> (UNESCO, 1972)

elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia.<sup>5</sup>

### **Software**

Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.<sup>6</sup>

### **Realidad Aumentada**

Combinación del mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de comunicación.<sup>7</sup>

### **CCMAA**

Centro Cultural Miguel Ángel Asturias

---

<sup>5</sup> Idem

<sup>6</sup> (Real Academia Española, 2014)

<sup>7</sup> (Innovae, 2016)

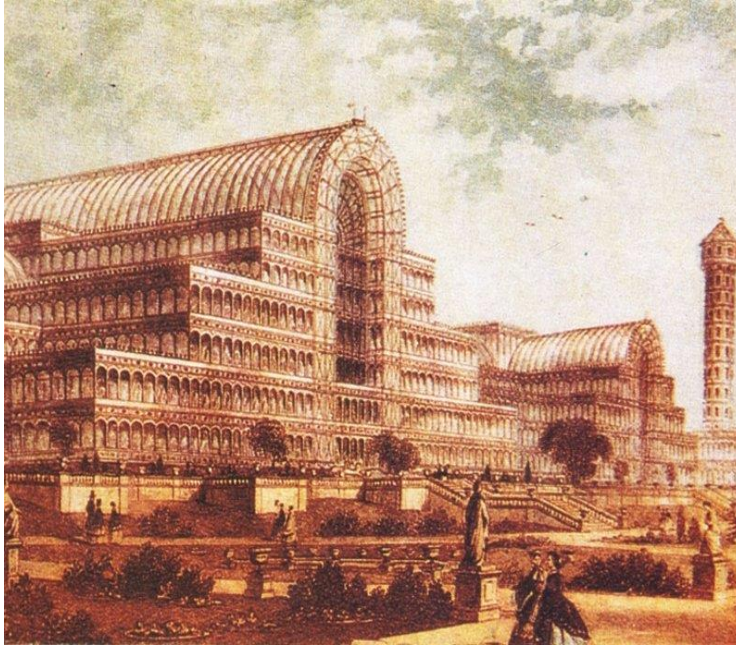


## Referente Histórico de Arquitectura Moderna





## Arquitectura Moderna



*Ilustración 3 Palacio de Cristal de Londres*

Fuente: Pilar de Miguel Egea: Del Realismo al Impresionismo, Historia 16, Madrid, 1989

El siglo XIX fue la época de grandes descubrimientos, inventos técnicos y hazañas de ingeniería y arquitectura. Las construcciones con hierro se hicieron populares y durante la revolución industrial y el vidrio se empezó a utilizar cada vez más y se le concedió una mayor jerarquía al vidrio en los diseños, sustituyendo el papel de aceite. El primer edificio de gran tamaño construido de acero y cristal fue el Palacio de Cristal de Londres, de Joseph Paxton, ubicado

en el Hyde Park. Este utilizaba elementos prefabricados en serie y montados en obra. Este edificio albergó la exposición internacional de 1851 y sirvió de modelo para muchas otras construcciones posteriores, aunque la sociedad aún no estaba preparada para los cambios en la propuesta estética de la arquitectura.

En los años finales del siglo XIX se dieron muchos cambios socioculturales en varios países alrededor del mundo, la Primera Guerra Mundial las crisis económicas y el crecimiento acelerado de la población tuvieron un impacto directo en el discurso arquitectónico y los paradigmas tuvieron que ser modificados para adaptarse a las diferentes coyunturas que afrontaba cada gobierno. En ese momento la burguesía se sintió amenazada a nivel político y se refugió en un autoengaño de decoración como respuestas a la responsabilidad de convulsiones sociales. En conferencias de arquitectura dominaba la discusión teórica sobre las metas del movimiento Arts-and-Crafts en Gran Bretaña, sobre “Entretiens” de Eugé-Emmanuel Viollet-le-Duc y sobre los escritos y trabajos de Gottfried Semper.

En ciudades como Nueva York y Chicago, los terrenos de cultivos fueron atravesados por una criba de calles y parcelados de manera uniforme. De esta manera era más sencillo aprovechar de manera eficiente los solares unitarios,

ya que no debían lidiar con plantas irregulares. El crecimiento acelerado de la población desencadenó una serie de sistemas constructivos acelerados, preferiblemente al estilo “balloon-frame”, introducido en 1832, básicamente consistía en parales de madera colocados sobre un zócalo de cimentación, asegurados con un revestimiento diagonal. Sin embargo, en 1871 Chicago sufrió un gran incendio que destruyó gran parte de la ciudad. Previendo que no volviera a suceder un incidente similar, se hizo común que las construcciones se hicieran de piedra. La especulación de escasos solares en la ciudad impulsó la construcción de edificios altos, entre ocho o nueve pisos, siendo estos los primeros rascacielos. Con la altura también se hizo popular la construcción con hierro y se hicieron tangibles las ventajas de este sistema constructivo. Los cimientos tenían que soportar menos peso, podían evitarse los muros gruesos y se empezó a utilizar el modelo de ascensor de seguridad que Elisha Otis presentó en 1857, en Nueva York.

En 1877, James McLaughlin dio en a la estructura de hierro de un centro comercial, una figura que se volvió típica en la mayoría de los edificios comerciales de toda Norteamérica. Pronto se renunció al exceso ornamental de la arquitectura victoriana y se abrió paso hacia una arquitectura de un aspecto más práctico y funcional. Se eliminó el remate de la fachada y se agregaron más superficies acristaladas. Entre los arquitectos que se destacan en esta tendencia conocida como el “loop” de Chicago se pueden mencionar a William LeBaron Jenney, Daniel H. Burnham, John Welborn Root, John Holabird, Martín Roche, Henry Hobson Richardson, Dankmar Adler y Louis Sullivan. (Peter Gösel, 2010)

A finales del siglo, Sullivan ya habían enunciado “la forma sigue a la función” y años más tarde, en 1920, Le Corbusier publica la revista de arte *El espíritu nuevo* en la que expresaba periódica mente nuevas ideas. En 1923 se publica *Hacia una nueva arquitectura*, en la cual se incluyó el concepto de “la máquina de habitar”. Sus publicaciones continuaron durante décadas, pero la que realmente influenció de una manera trascendental la expresión estética de la arquitectura moderna fue la publicación de los *Cinco puntos para una nueva arquitectura*, los cuales son: la planta elevada sobre pilotes; la losa plana sobre la que se desarrolla un jardín (concepto de “terrazza jardín”); la planta libre sin tabiques divisorios; la fachada libre de elementos estructurales (los pilotes o columnas se retrasan y liberan a la fachada de su función estructural) y la ventana longitudinal para mejorar la relación del espacio interior con el exterior. (Monterroso, 02 Moderna Guía de Arquitectura Moderna de Ciudad de Guatemala, 2008)

La exposición *Arquitectura Moderna: Exhibición Internacional*, inaugurada el 10 de febrero de 1932 en el Museo de Arte Moderno de Nueva York, le dio un mayor impulso a la producción intelectual que se estaba planteando y la intención por crear un estilo arquitectónico que se aplicara internacionalmente.

En la exhibición resaltaron las propuestas de Walter Gropius, Hans Scharoun, Otto Haesler, Le Corbusier, Alvar Aalto y Mies Van de Rohe. El enunciado “menos es más” de Rohe marcó un punto de inflexión en la historia del arte y la arquitectura. Todos estos conceptos tuvieron influencia sobre la formación de las escuelas de pensamiento moderno la Bauhaus, en occidente, y la Vkhutemas, en la región soviética. “Ambas escuelas abordaron la disciplina desde el diseño centrado en el racionalismo, elevándolo como actividad que refleja el máximo grado de sofisticación intelectual alcanzado por la humanidad.” (Monterroso, 02 Moderna Guía de Arquitectura Moderna de Ciudad de Guatemala, 2008)

### **Arquitectura moderna en Guatemala**

Un grupo de arquitectos que estudiaron en universidades extranjeras, regresaron al país con las ideas nuevas y la intención de modernizar el país ya que la arquitectura guatemalteca no sufrió cambios significativos o estéticos desde su fundación en 1776. En la década de 1950 Roberto Aycinena, Pelayo Llarena, Raúl Minondo, Jorge Montes y Carlos Haeussler llegan a Guatemala con su propia interpretación de la modernidad y aparecen los primeros edificios retirados del límite de propiedad para crear una plaza de acceso y poder admirar la arquitectura. Se elevan las plantas sobre columnas tipo pilote, se implementa la utilización de los muros cortina y se incluyen las terrazas jardín.

A pesar de que Guatemala es una zona altamente sísmica, se empezaron a utilizar nuevos sistemas constructivos y lógicas estructurales diferentes que permitieron construir un mayor número de plantas en los edificios y llegar a alturas que antes no habrían sido concebibles. El concreto armado sustituye las construcciones de adobe y cobra un mayor protagonismo.

En esta época surgen los edificios representativos del movimiento moderno en Guatemala, entre los que destacan el edificio Canella, Galerías España Etisa, Westin Camino Real, Rectoría y Recursos educativos USAC, Telgua, Edificio Italia, el Centro Cívico Nacional y el Centro Cultural Miguel Ángel Asturias entre otros



# **Centro Cultural Miguel Ángel Asturias**







## **Un Teatro Nacional en Guatemala**

La idea de la creación de un teatro nacional en Guatemala se remonta a la época durante el gobierno del presidente Rafael Carrera, quien en 1859 mandó a construir un teatro con su nombre. Durante años el Teatro Carrera fue el escenario de las principales presentaciones en Guatemala hasta que los sismos de 1917 y 1918 provocaron daños muy severos a la infraestructura y en 1923 se llevó a cabo su demolición.

Durante el gobierno del Dr. Juan José Arévalo Bermejo se retomó la idea de crear nuevamente un teatro nacional, para esto, se destinaría un porcentaje de lo recaudado por la Lotería Nacional para crear un fondo para su construcción.

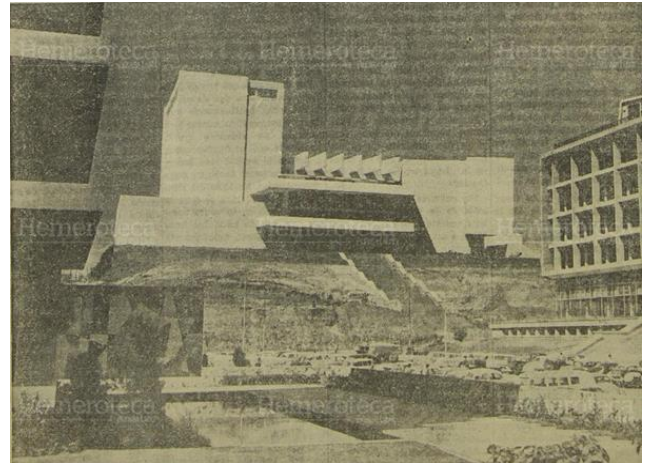
Existe registro de 4 anteproyectos del Teatro Nacional. El primero desarrollado por docentes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Notre Dame, Indiana, Estados Unidos. Un segundo anteproyecto desarrollado por los primeros arquitectos guatemaltecos Roberto Aycinena, Carlos Haessler, y Jorge Montes. La tercera propuesta fue la elegida para realizar la construcción, desarrollada por Marco Vinicio Asturias, quien falleció durante la ejecución del proyecto. Y la cuarta propuesta desarrollada por el Ingeniero y Arquitecto Honoris Causa Efraín Recinos, quien realiza un rediseño completo del proyecto que ya se encontraba en ejecución. (Monterroso, Una estrategia de Revitalización integral para el CCMAA, 2015).

## El Centro Cultural Miguel Ángel Asturias

“Aunque estrictamente hablando el estilo del Teatro Nacional no se corresponde con la modernidad se incluye aquí porque, desde el punto de vista cronológico, se desarrolló en esa época, aunque la mente de su creador se estaba adelantando a su tiempo.” (Monterroso, 02 Moderna Guía de Arquitectura Moderna de Ciudad de Guatemala, 2008). Basado en la premisa posmoderna de Venturi: “menos es aburrido”, el Arquitecto Honoris Causa, Efraín Recinos, busca salir simplicidad moderna y recurre a elementos de abstraccionismo, evocando no solo el paisaje nacional y otros elementos simbólicos, si no también elementos que transmiten crítica y protesta, resultado de la represión de la época en la cual fue construido el teatro. El CCMAA se integra al contexto del Centro Cívico por medio de una arquitectura de contraste.

El conjunto del Centro Cultural Miguel Ángel Asturias está emplazado en la colina de San José, en el Centro Cívico de la Ciudad Capital de Guatemala. En lo que originalmente fue El Fuerte de San José. Este lugar fue incendiado durante la revolución de 1944, reduciéndolo a escombros. Los años siguientes el sitio fue escenario de peleas de boxeo. El arquitecto Marco Vinicio Asturias tuvo la idea inicial de crear un Centro Cultural y en 1961 le presentó la propuesta al presidente Miguel Idígoras Fuentes.

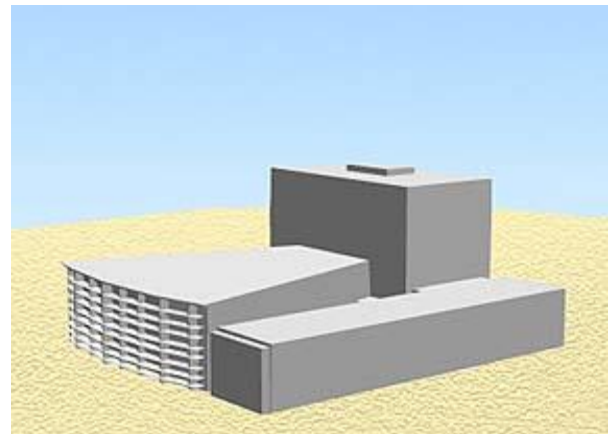
La construcción se detuvo en 1963 a causa de un golpe de Estado. En 1965, con la muerte del arquitecto Asturias, se abandonó por completo la construcción, habiendo terminado únicamente los



*Ilustración 4 Fotomontaje presentado en 1962 para el proyecto de construcción del Teatro Nacional.*

Fuente: Hemeroteca Prensa Libre.

“La imagen fue trabajada por Julio César Anzueto, se observa un gran edificio ubicado en la colina del Fuerte de San José, donde se encuentra actualmente el Centro Cultural Miguel Ángel Asturias. A la izquierda de la fotografía se observa parte de la sede del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social IGSS; y a la derecha el edificio de la Municipalidad de Guatemala.”



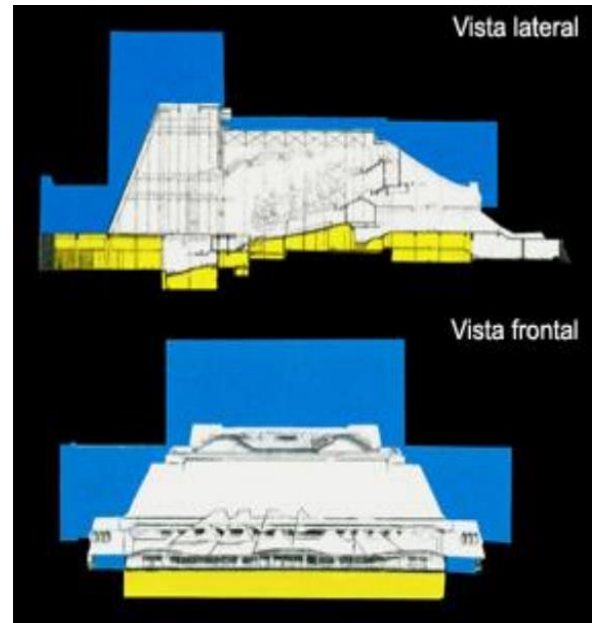
*Ilustración 5 Representación digital de los planos del diseño original del teatro nacional diseñado por M. Vinicio Asturias*

Fuente:

<http://www.viajeaguatemala.com/especiales/teatronacional/historiayorigenes.htm>

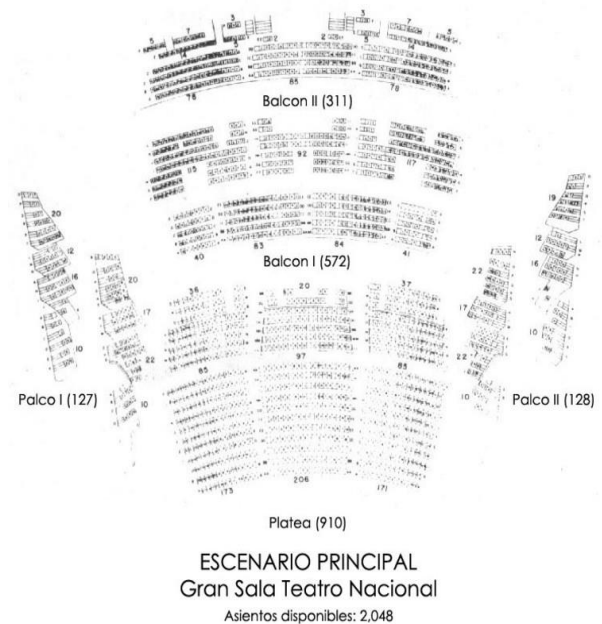
cimientos. En 1971 se le encargó al maestro Efraín Recinos, quien ya había creado el teatro al aire libre y otras obras complementarias como la Plaza Mujeres, presentar el proyecto de construcción de un nuevo Centro Cultural. El jefe de obras públicas de Guatemala, le pidió que hiciera un teatro de acuerdo con los cimientos que ya existían. Que fuera la mitad de pequeño, pero que tuviera el espacio para la misma cantidad de gente. El diseño debía ser integral e incluir elementos naturales, indígenas y culturales. Debía integrar el ya construido Teatro al aire libre y el Fuerte de San José a la propuesta.

El concepto de diseño del maestro Recinos buscó eliminar las ventanas del diseño original del arquitecto Asturias, y decidió darles una inclinación a los muros para hacer una referencia a la pirámide maya. El techo del teatro se adaptó para que se adaptara al fondo de las montañas y volcanes del país y la paleta de colores integra la arquitectura al paisaje natural, como un volcán más. También se incluyó la marimba como uno de los símbolos nacionales, y elemento formal. El gran teatro nacional unifica en un solo objeto, la pintura, la escultura y la arquitectura. El diseño original era tradicional, un cubo que contrasta el paisaje natural del lugar, un diseño muy tradicionalista de la época. Sin embargo, la propuesta del maestro Recinos se caracteriza por las líneas curvas, reflejo de su trabajo como escultor, haciendo referencia a las líneas de un cuerpo femenino y con esto logra integrar todos los elementos, sin que pierdan su relación armónica.



*Ilustración 6 Superposición de diseño de E. Recinos y el diseño original del teatro de M.A. Asturias*

Fuente: (Midence Díaz, 2011)



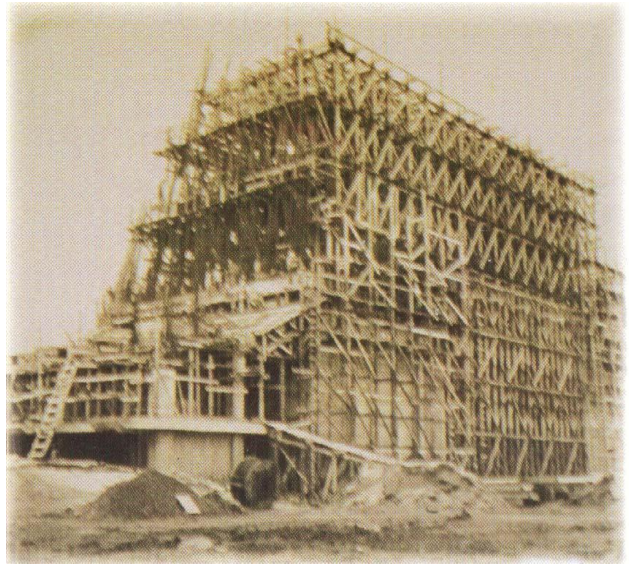
*Ilustración 7 Distribución interna de asientos en la Gran Sala del Teatro Nacional*

Fuente: Plataforma Arquitectura



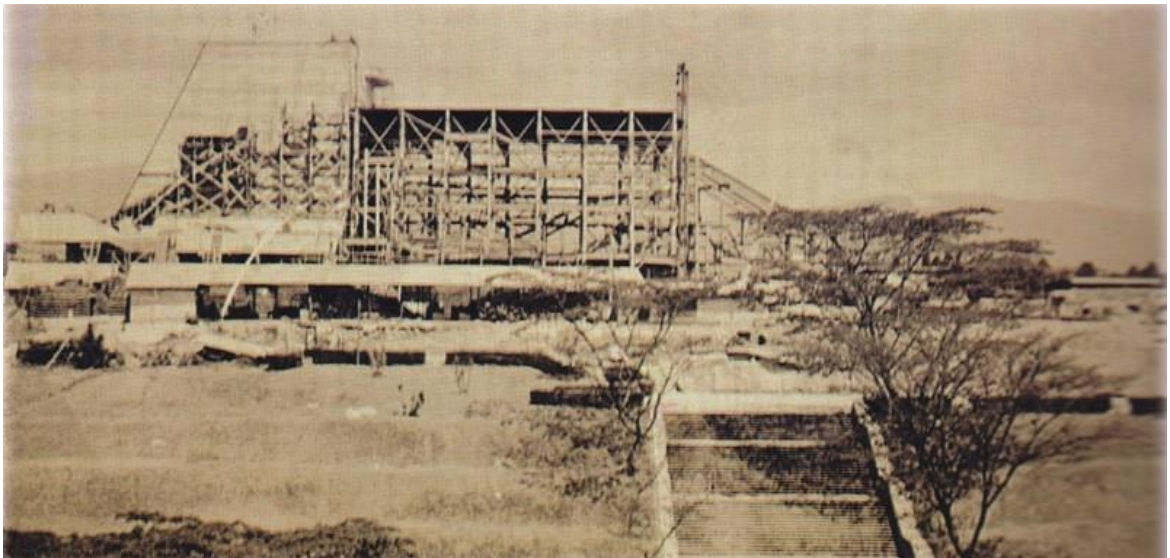
La cultura guatemalteca se ve reflejada en cada rincón del Centro Cultural, como la alusión a las pirámides y el uso exterior de la construcción (ver figura 8), el perfil de un jaguar, la paleta de colores, las montañas y los volcanes del país.

La construcción de este teatro, único en su género, duró alrededor de 16 años, desde noviembre de 1961 con la propuesta inicial del arquitecto Asturias, a junio de 1978, incluyendo el tiempo que se abandonó la ejecución de la obra y la construcción de la nueva propuesta del maestro Recinos. El teatro se estrenó en un acto solemne utilizando para la transmisión del mandato del general Kjell Laugerud García el 16 de junio de 1978. (Prensa Libre, 2015)



*Ilustración 8 Construcción del cubo escénico de la Gran Sala*

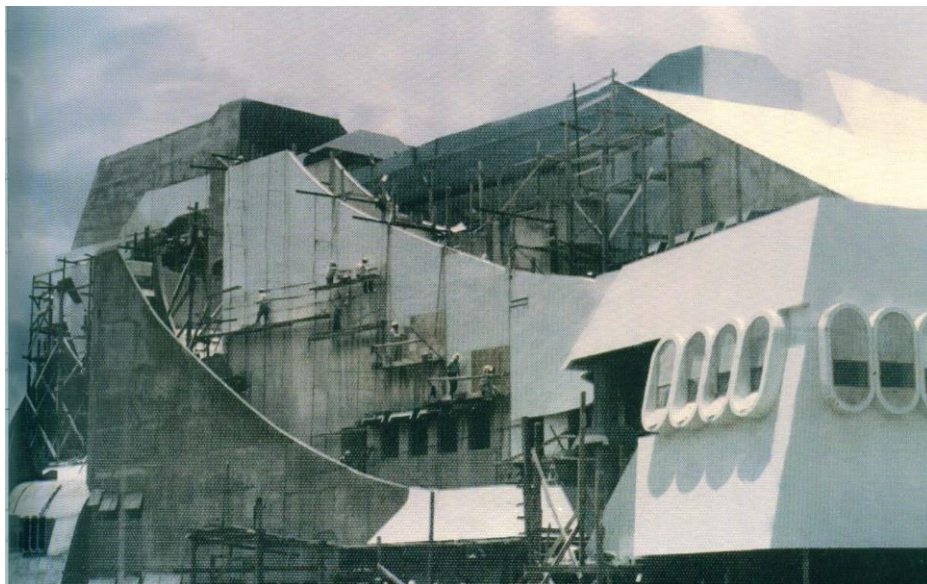
Fuente: [www.mundochapin.com](http://www.mundochapin.com)



*Ilustración 9 Construcción de la Fase 1 de la Fachada Este del CCMAA*

Fuente: <https://mundochapin.com>





*Ilustración 11 Construcción de la Fase 2 de la Fachada Este del CCMAA*

Fuente: [www.mundochapin.com](http://www.mundochapin.com)



*Ilustración 10 Vista aérea del Centro Cívico durante la construcción del teatro nacional*

Fuente: [www.mundochapin.com](http://www.mundochapin.com)



# **Estrategia de Revitalización Integral para el CCMAA**

---







## Estrategia de revitalización Integral del CCMAA

En el año 2015, con el Dr. Arq. Raúl Monterroso como director del Centro Cultural Miguel Ángel Asturias, se realizó un diagnóstico de la situación a la del conjunto arquitectónico. Se analizó el patrimonio desde diferentes factores que mantienen la vitalidad del inmueble, abarcando:

- **La gente:** que brinda servicios generales para el manteamiento y operación del inmueble.
- **La comunicación:** que se encarga de sensibilizar a la población en general e invitar a una reflexión, análisis crítico y realización de fomenten la cultura y la importancia de tener espacios culturales.
- **Los espacios:** 8 manzanas de territorio que conforman el conjunto del Centro Cultural. Los estudiantes del curso de Conservación de Monumentos de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, coordinados por la Dra. Arq. Brenda Porras elaboraron un mapa de daños de los interiores de la Gran Sala Efraín Recinos.
- **Las propuestas:** una estrategia de revitalización integral que establece todas las posibles soluciones a los problemas presentes en el conjunto. Contemplando diferentes etapas de corto, medianos y largo plazo. Una estrategia de inclusiva y sostenible.

El Centro Cultural Miguel Ángel Asturias es un sitio con vida y en constante cambio, al igual que todo ente vivo está sujeto a cambios con el paso del tiempo.

Para devolver la vida al Teatro Nacional, es necesario redescubrir y reinventar su razón de ser. Para ser el Centro de la Cultura nacional, este debe ser un sitio lleno de vida, inclusivo y mantener sus puertas abiertas.

Es una revitalización integral porque abarca cada problema que incide en el, incluyendo la gente, el espacio y el tiempo.

### Plan Estratégico Institucional

Transformar la institución mediante la reorganización de recursos los recursos, ordenamiento de procesos y desarrollar lo necesario para producir, promover y gestionar distintas manifestaciones artísticas y culturales.

### Plan Maestro

Un programa arquitectónico adaptado las áreas actuales, identificando los espacios para nuevas edificaciones y contemple la conclusión de proyectos pendientes como el Instituto de la Marimba. Además, considera la adaptación del conjunto arquitectónico con el entorno urbano.

### Plan de manejo

El *Plan Estratégico* y el *Plan Maestro* deben realizarse con la consideración que el conjunto es un espacio con distintos valores que aportan importancia para ser considerado Patrimonio Cultural de la Nación.

Se han identificado políticas y programas que derivan de cada uno de los planes en los que la sociedad es una pieza vital para aportar ideas, gestionar recursos e implementar las estrategias de revitalización.

(Monterroso, Una estrategia de Revitalización integral para el CCMAA, 2015)



*Ilustración 12 Fachada de Ingreso de Artistas*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017.

## Efraín Recinos

---





## Efraín Recinos

Nació en mayo de 1928, en la Ciudad de Quetzaltenango. En los primeros años de su infancia recibió educación en casa y desde muy temprana edad, mostró una gran habilidad para el dibujo y el arte. Aprendió a leer y escribir a los 7 años, y eso alimentó más su creatividad. Cuando tenía 13 cursó cuarto primaria en Quetzaltenango. Su padre, al ver su habilidad para el dibujo, lo inscribió en la Escuela Nacional de Artes Plásticas de Guatemala.

Cursó el bachillerato en el Instituto Nacional Central para Varones. Luego estudió Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala, porque no existía la carrera de Arquitectura, por ejemplo, los arquitectos del centro cívico, Jorge Montes, Carlos Oliver, Pelayo y Arenas, estudiaron arquitectura en el exterior.

Su primer logro como artista lo obtuvo en 1959, cuando ganó un certamen universitario con su cuadro Indigestión de tamales. En 1962 ganó el premio en el Certamen Nacional Carlos Valenti, con su cuadro La huella de mis antepasados.

Su obra maestra fue el diseño del Centro Cultural Miguel Ángel Asturias (1962-1978), aunque su favorita son los murales o difusores acústicos del Conservatorio Nacional de Música.



*Ilustración 13 Efraín Recinos sosteniendo una sección que muestra la comparación del diseño original del Teatro Nacional y su propuesta.*

Fuente: (Paiz, 2012)



# **Evolución de Técnicas y Herramientas de Registro.**

---



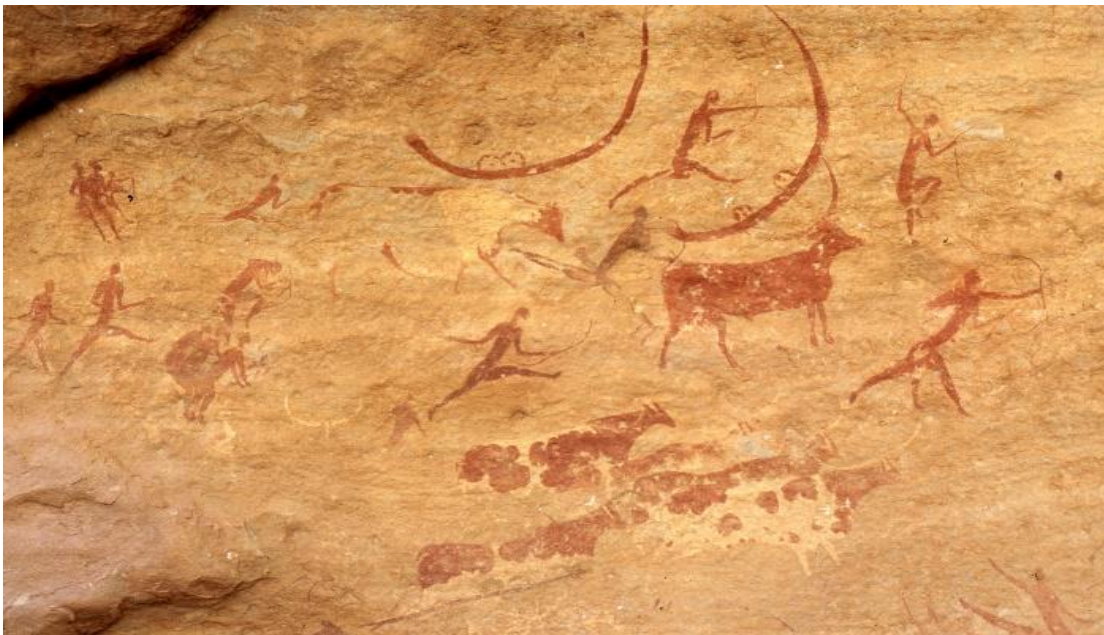




A lo largo de toda la historia de la humanidad, el hombre siempre ha encontrado maneras de plasmar su huella en el momento del presente y para ello ha utilizado distintas técnicas que con el paso del tiempo se han ido evolucionando de la mano con la evolución propia del hombre.

### **Pintura en piedra**

Desde la prehistoria se ha tratado de recrear la realidad y dejar un manifiesto de lo que acontece en el momento presente. Al hacer representaciones de los temas cotidianos, como la caza de animales para obtener alimento y documentar el comportamiento humano y el rol que desempeñaba el hombre y la mujer en la sociedad, surgió una de las primeras manifestaciones artísticas de la humanidad. Estas representaciones se hicieron sobre piedra principalmente se hicieron en paredes internas de cavernas y los pigmentos se hacían con polvo de arcilla, carbón vegetal, sangre, savia o brea. Con el paso del tiempo y la evolución del hombre, el arte pictórico también tuvo un proceso evolutivo en el desarrollo de técnicas aplicadas, los temas representados y la comprensión cognitiva de la realidad.



*Ilustración 14 Caza de búfalos, Tassili n'Ajjer, Sáhara, Argelia.*

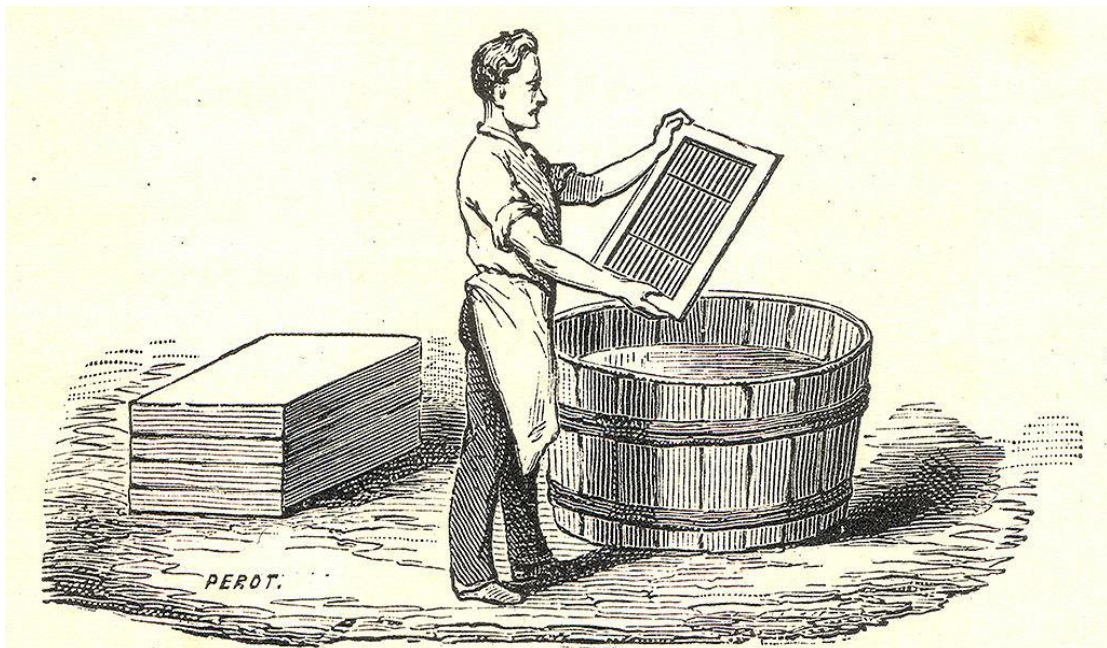
Fuente: Gruban ([1]) [CC BY-SA 2.0]

## El papel

Es un material originario de la China, constituido por una delgada lámina elaborada a partir de pulpa de celulosa, una pasta de fibras vegetales molidas suspendidas en agua, generalmente blanqueada, y posteriormente secada y endurecida.

Considerando que el pergamino era un material muy costoso de producir, a partir del siglo VIII se acostumbraba a borrar los textos de los pergaminos para reescribir sobre ellos (dando lugar a los palimpsestos) perdiéndose de esta manera una cantidad inestimable de obras. Es por esto por lo que la popularidad del papel se extendió de manera universal y desplazó el uso del papiro y el pergamino, provocando una crisis económica en el imperio egipcio y el romano.

El invento de este material expandió las posibilidades de registro de las culturas alrededor del mundo, la gama de materiales de dibujo y escritura se amplió y se dio paso a un gran número de técnicas de las artes plásticas como un recurso para documentar la realidad. En este material es posible realizar escritura o dibujos con grafito, tinta, pastas, polvos de color y materiales más contemporáneos como lápices, acuarelas, crayones, tinta, temperas, etc.



*Ilustración 15 Fabricación artesanal de una hoja de papel*

Fuente: [www.wikiwand.com](http://www.wikiwand.com)

## El primer mapa

Los métodos de registro histórico se fueron perfeccionando. Las motivaciones para desarrollar este tipo de conocimientos y habilidades fueron muy variadas. Las civilizaciones de Oriente, responsables del desarrollo de la escritura, fueron quienes consiguieron en la confección de mapas y planos. Como el caso de los babilonios, que en el año 2300 a.C., desarrollaron los primeros mapas del territorio conocido sobre los cuales se tiene registro. Estos eran tallados sobre tablillas de arcilla. La mayoría de estos mapas eran medidas de distancias territoriales creadas con el objetivo de recaudar impuestos. En la figura se puede ver el *Mapa del mudo*, que está exhibido en el Museo Británico de Londres. Es el mapa más antiguo que conservado. La tablilla de arcilla sobre la cual se talló el mapa mide doce centímetros de altura.



*Ilustración 16 Mapa babilonio considerado como el primer mapa del mundo.*

Fuente: Museo Británico de Londres



## Dibujo en papiro

El papiro es una lámina flexible sacada del tallo de esta planta, que se emplea como base para escribir o dibujar en ella. Es elaborado a partir de una planta acuática, también denominada papiro, muy común en Egipto en el curso fluvial del Nilo. “Los tallos del papiro se tallaban verticalmente y se les extraía la médula que al secarse se pegaba en forma de bandas unidas verticalmente.” (Callén Álvarez) El fragmento más antiguo de papiro se descubrió en la tumba de faraón Hemaka en la necrópolis Saggara, aunque lo escrito sobre él se ha perdido. Este material fue utilizado principalmente por los egipcios, y se convirtió en una herramienta de uso universal hasta la época de Alejandro Magno, con la caída de imperio egipcio y la popularización de las pieles de animales y pergamino como materiales para la escritura.



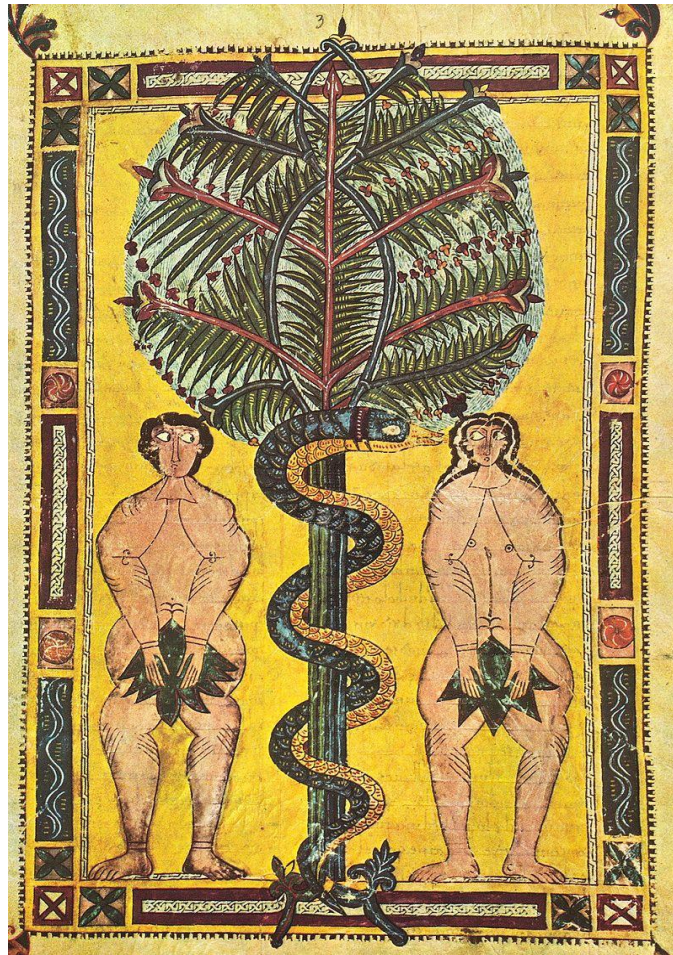
*Ilustración 17 Papiro con textos jeroglíficos.*

Fuente: Sección del "Libro de los Muertos" de Nany, 1040–945 a. de C. (Dinastía XXI, Tercer período intermedio). Actualmente se encuentra en el Museo Metropolitano de Arte de Nueva York, procedente de la tumba TT65, Deir el-Bahari, Egipto.

## Escritura en pergamino

A diferencia del papiro, que es un material frágil e incómodo, el pergamino es un material versátil ya que es más fácil de producir y duradero. Se fabrica estirando la piel de animales, principalmente de res y oveja y en el proceso se elimina la epidermis y la hipodermis, dejando únicamente la dermis. Con este producto se podía elaborar un libro, una filacteria o los rollos que eran más comunes en la antigüedad.

La ciudad de Pérgamo, ubicada en un sector del territorio que ocupa actualmente Turquía, se convirtió en la ciudad productora por excelencia, dando su nombre a este material, dando su nombre al material. Sin embargo, su origen se remonta a 1500 años antes de Cristo, una época anterior a la existencia de esa ciudad.



*Figura 1 Pergamino ilustrado custodiado en la Real Biblioteca de San Lorenzo, El Escorial, España.*

Fuente:

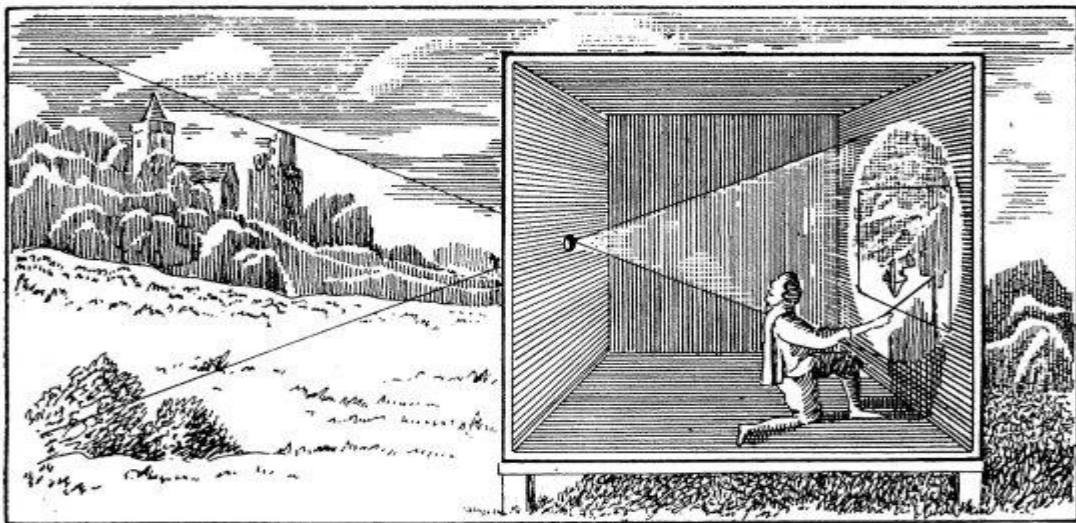
[https://es.wikipedia.org/wiki/Pergamino#/media/File:B\\_Escorial\\_18.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Pergamino#/media/File:B_Escorial_18.jpg)  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Pergamino#/media/File:B\\_Escorial\\_18.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Pergamino#/media/File:B_Escorial_18.jpg)



## La cámara oscura

En el siglo XV el deseo de representar el mundo según lo ven los ojos humanos acaparó los esfuerzos de mentes brillantes durante la época renacentista como la de Leonardo Da Vinci, en estudios para desarrollar la perspectiva, analizar el cuerpo humano y sus proporciones para que las representaciones pictóricas pudieran tener un mayor realismo. En el siglo XVII surgió un artista durante la época dorada del Barroco que se caracterizó por su trabajo hiperrealista. Johannes Vermeer fue un pintor neerlandés. Su obra carece de los adornos tradicionales de la época, es aséptica, con una cristalina austeridad y una fidelidad obsesiva, que lo diferencia del Barroco común, sus pinturas parecieran detener el tiempo en el instante de un momento claro y eterno.

Hay muchas teorías acerca de cómo Vermeer logró tal nivel de hiper realismo. En numerosos casos se le ha atribuido a este pintor el ser uno de los precursores de la fotografía ya que se sospecha que sus pinturas fueron producto de trabajar con una cámara oscura, un instrumento óptico que permite obtener una proyección plana de una imagen externa sobre la zona inferior de su superficie. El libro *La Cámara de Vermeer* de Phillip Steadman, profesor de arquitectura en la Universidad de Londres, aseguró que el artista se valió de una cámara oscura para su visión pictórica de la realidad. En la figura 1 se ilustra el funcionamiento de la cámara oscura y como fue utilizada para hacer pinturas hiperrealistas antes de la aparición de la fotografía.



*Ilustración 18 Pintura realizada en una cámara oscura*

Fuente: <https://evemuseografia.com/2014/02/05/las-trampas-de-vermeer/>

En el año 2013, los ilusionistas Penn y Teller hicieron un documental llamado “El Vermeer de Tim”. El filme se centra en la intención de Tim Jenison, inventor de programas digitales de diseño y animación, en comprobar la teoría de la utilización de la cámara oscura en las obras de Vermeer, haciendo su propia representación de una pintura utilizando esta técnica. El intento le tomó alrededor de cinco años, pero logró hacer una copia precisa de una de las obras de Vermeer. Al hacer una comparación de resultados, se concluyó que esa técnica es capaz de producir trabajos con la calidad hiperrealista que el artista neerlandés logró en el siglo XVII. En la figura 3 se muestra a Jenison utilizando un instrumento que simula el principio de funcionamiento de la cámara oscura, adaptada con un espejo.



*Ilustración 19 Tim Jenison haciendo una pintura con una reinención de la cámara oscura*

Fuente: (Teller & Jillette, 2013)



*Ilustración 20 Comparación de la obra original de Vermeer (izquierda) y la recreación de Tim Jenison (derecha).*

Fuente: (Teller & Jillette, 2013)

## Primera fotografía

La fotogrametría es una ciencia que está ligada a los avances de la tecnología. Su origen radica en el descubrimiento de la fotografía, término que fue utilizado por primera vez en 1839 por John Herschel, y la publicación del proceso fotográfico. La palabra se deriva del griego Foto “luz” y Grafos “escritura”. Es por esto por lo que la fotografía se define como el arte de pintar o escribir con luz.

La primera fotografía conservada de la que se tiene registro se remonta al año 1816, cuando el científico francés, Nicéphore Niepce, combinó la utilización de una cámara oscura con soporte sensibilizado mediante una emulsión química de sales de plata. La imagen es conocida como *Vista desde la ventana en Le Gras* (ver figura 7).

La fotografía revolucionó por completo la manera en que los humanos capturan la realidad en imágenes fijas. La aplicación de esta herramienta va desde una expresión artística como capturar un momento para el recuerdo, hasta la documentación técnica en trabajos de conservación del patrimonio cultural de la humanidad.



*Ilustración 21 Primera fotografía conservada de la historia, Niepce 1826*

Fuente: <http://www.cadadiaunfotografo.com/2010/06/joseph-nicephore-niepce.html>



## El Daguerrotipo

En enero de 1839 la Academia Francesa de Ciencias difundió oficialmente el primer procedimiento fotográfico. Fue desarrollado y perfeccionado por Louis Daguerre, basándose en los experimentos de Nicéphore Niepce. Esta técnica se considera la consolidación de la cámara oscura. El proceso inicia con la preparación de una placa de superficie plateada y pulida como un espejo para crear un material foto sensible y con el uso de yoduro de plata, la acción del vapor de mercurio y la disolución de los residuos de yodo con una solución salina caliente, logra fijar las imágenes en el material. Inicialmente esta técnica fotográfica requería de tiempos prolongados a la exposición de luz, alrededor de 30 minutos. El inventor del microscopio, Charles Chevalier, invento el lente de menisco acromático para la primera cámara de Daguerre. Sin embargo, este objetivo<sup>8</sup> tenía la desventaja de crear aberraciones cromáticas y con una apertura de  $f/15^9$ , requiriendo un tiempo prolongado de exposición. Un año después Chevalier desarrollo un nuevo objetivo llamado *Photographe a Verre Combine*, el cual se trataba de una combinación de dos lentes acromáticos cementados. Este objetivo logró llegar a una mayor apertura de  $f/5.6$ , pero la nitidez se vio afectada. Es por esto por lo que inicialmente se limitaban a capturar escenas exteriores. Esos tiempos se redujeron progresivamente mediante el uso de lentes Petzval<sup>10</sup> y de aceleradores químicos.



*Ilustración 22 Cámara para obtener vistas con el proceso de daguerrotipo.*

Fuente: <https://www.catalunyavanguardista.com/el-daguerrotipo/>

---

<sup>8</sup> El objetivo Es un sistema óptico, formado por un conjunto de lentes, cuya función de formar la imagen que va a capturar el sensor.

<sup>9</sup> Números  $f$  o  $f$ -stops: "son valores universalmente definidos y equivalen al número de veces que cabe el diámetro del diafragma que representan a lo largo del lente visto de forma longitudinal". (Urquiza, 2013)

<sup>10</sup> "El lente Petzval es un objetivo doble acromático que tiene cuatro lentes dividido en tres grupos, casi no tiene distorsión y era alrededor de veinte veces más rápido que el de Chevalier. Su distancia focal era de 160mm (podríamos decir que un teleobjetivo digno) y una increíble apertura de  $f/3.6$ , un stop y medio más rápido que el *Photographe a Verre Combine*." (Lomo Chile, 2013)

La popularidad del daguerrotipo se extendió desde las élites económicas y culturales, descendiendo hasta las clases medias. Debido a la dificultad de capturar el movimiento, el Daguerrotipo se utilizó principalmente para retratos y escenarios exteriores. Debido a que las imágenes generadas con el proceso de daguerrotipo son en blanco y negro, se empezaron a colorear a mano en talleres y en poco tiempo se le conoció como *pintura para pobres*, haciendo que este proceso perdiera popularidad. La técnica del daguerrotipo estuvo vigente aproximadamente de entre 1839 a 1860, después fue sustituido por las placas negativas de colodión húmedo y los positivos en papel de albúmina. (Valverde Valdés, 2003)

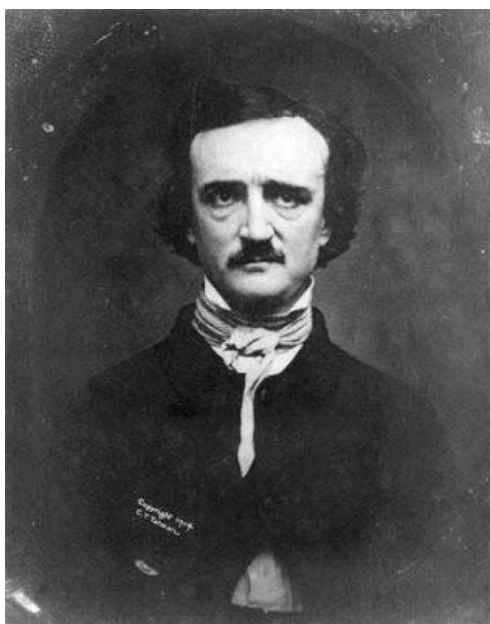


Ilustración 24 Daguerrotipo de Edgar Allan Poe, 1848

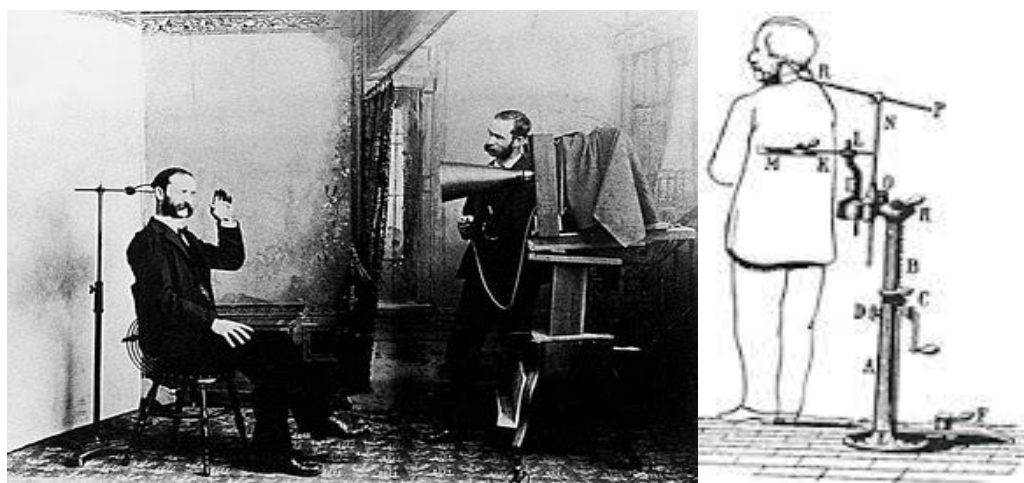
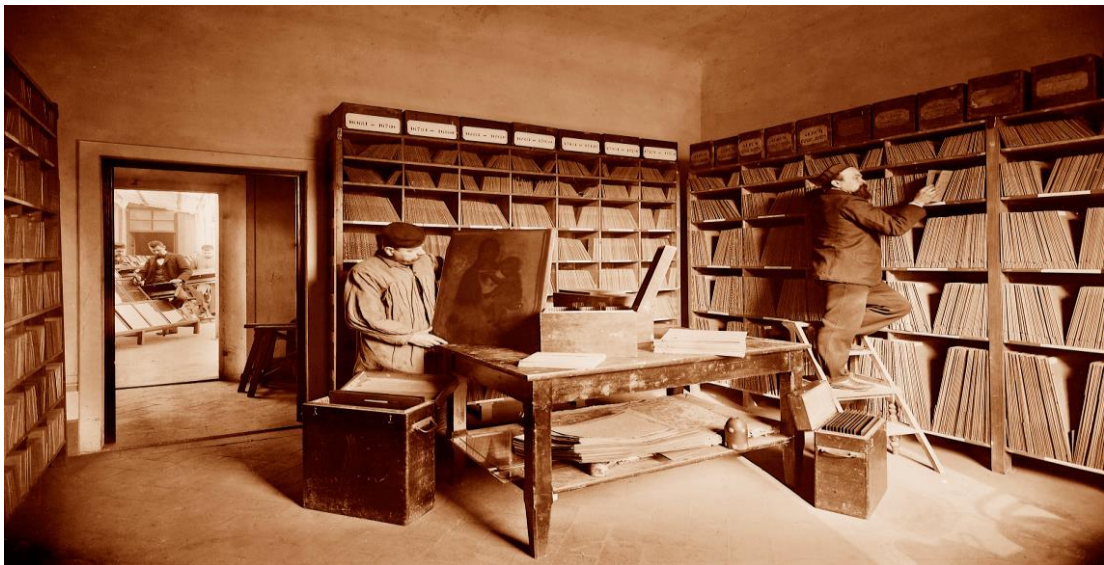


Ilustración 23 Dispositivos utilizados para reducir el movimiento y poder obtener retratos de daguerrotipo

## Archivo fotográfico de los hermanos Alinari

Desde el año 1852, los hermanos Alinari, fundaron una compañía de fotografía profesional en Florencia, Italia. Este estudio fotográfico fue abierto por Leopoldo Alinari, luego de haber trabajado con Giuseppe Bardi, como aprendiz, trabajando con técnicas litográficas y la utilización del Daguerrotipo. Y en 1854 se suman los hermanos Giuseppe y Romualdo Alinari para convertir el estudio en una empresa familiar. En 1855 inician la comercialización de fotografías de retratos y obras de arte de Florencia, Pisa y Siena. De esta manera fueron creando un archivo fotográfico de obras de arte y retratos (ver figura 3). En 1920 la empresa se convierte en una sociedad anónima bajo el nombre I.D.E.A. (por sus siglas en italiano que significan *Istituto Di Edizioni Artistiche*) y añadieron temas de fotografía documental y publicidad.



*Ilustración 25 Archivo Alinari, 1900*

Fuente: Fundación Alinari

En el año 1985 fue inaugurado un museo de fotografía con el nombre *Museo Nacional Alinari de la Fotografía (Museo de Storia della Fotografia Fratelli Alinari)*, en honor a los hermanos Alinari. En 1998 se creó la fundación *Fratelli Alinari (Fondazione per la storia della Fotografia)*. Y en 2006 fue trasladado a su ubicación actual, en el Hospital de San Pablo, en la plaza de Santa María Novella en Florencia. Este museo es reconocido como el primer museo dedicado exclusivamente a la fotografía en Italia.

La institución participa en la conservación y restauración de material fotográfico original, y cuenta con más de trescientas cincuenta mil fotografías originales realizadas por diferentes procesos como copia a la albúmina, colodión húmedo, gelatino-bromuro, calotipos, daguerrotipos y ambrotipos estereoscópicos. Ya que la fundación aún continúa operando hasta hoy en día, el archivo Alinari de fotografías se considera el más antiguo y grande del mundo. Cuenta con más de 41 millones de ejemplares de fotografías.

Las fotografías del archivo Alinari se pueden obtener bajo licencia y ser utilizadas en proyectos de documentación histórica, documentación de patrimonio, arqueología, conservación de patrimonio e historia de la arquitectura. Cada fotografía se archiva con toda la información técnica como el equipo utilizado (tipo de cámara y objetivos), los valores de exposición, apertura de diafragma, distancia focal, profundidad de campo, entre otros. Dejando en un plano menos relevante la información del fotógrafo que captura la imagen. El valor de este archivo fotográfico radica precisamente en la riqueza de la información técnica de las fotografías, ya que conocer estos aspectos, permite realizar análisis de laboratorio y tener un mayor alcance en los resultados.



*Ilustración 26 Impresión fotográfica original del Museo Alinari, 2015*

Fuente: Alinari, Folleto de presentación.



## Fotografía digital

La fotografía digital consiste en la obtención de imágenes mediante una cámara oscura. Sin embargo, las imágenes no quedan grabadas sobre una película fotosensible para ser reveladas posteriormente mediante un proceso químico, en la fotografía digital las imágenes son capturadas por un sensor electrónico que dispone de múltiples unidades fotosensibles, las cuales aprovechan el efecto fotoeléctrico para convertir la luz en una señal eléctrica, la cual es digitalizada y almacenada en una memoria.

La principal ventaja de la fotografía digital es que permite disponer de las imágenes grabadas al instante, sin necesidad de llevar la película al laboratorio y revelar los negativos para poder ver las imágenes; esta ventaja en la rapidez en la disponibilidad de la imagen permite que el fotógrafo haga los cambios en el momento y realice las correcciones que considere pertinentes de forma inmediata, facilitando así lograr la imagen que se desea. En la cámara digital pueden verse en una pantalla las fotos que se acaban de tomar. La cámara se puede conectar a una computadora u otro dispositivo capaz de mostrar las fotos en un monitor. Como están en un formato digital, las fotos pueden enviarse directamente por correo electrónico, publicarse en la Web y se pueden procesar con programas de tratamiento fotográfico en una computadora, para ampliarlas o reducirlas, realizar un reencuadre (una parte de la foto), rectificar los colores y el brillo, y realizar otras muchas posibles modificaciones según el programa que se utilice.



*Ilustración 27 “Mi sueño”, Clara María Villalba 2013*

## **La Fotogrametría**

La fotogrametría es una disciplina resultado de la convergencia de la óptica, la fotografía y las matemáticas.

En el desarrollo y evolución histórica de la fotogrametría pueden distinguirse cuatro etapas (Konecny 1981, 1985):

### **Metrofotografía**

De 1850 hasta aproximadamente 1900. Se inicia con la invención de la fotografía por Niépce y Daguerre en 1839 en Francia. El término metrofotografía fue acuñado en 1851 por el coronel francés Aimé Laussedat, a quien se considera el fundador de la Fotogrametría. Ya que realizó investigaciones sobre el uso de la fotografía para realizar mapas topográficos.

En el año 1858 empezó a utilizar una placa de vidrio, cometas y globos para hacer fotogrametría aérea. Laussedat desarrolló, con éxito, un nuevo método de análisis matemático para convertir perspectivas superpuestas en proyecciones ortográficas en un plano. En 1867 exhibió el primer “fototeodolito” junto a un mapa preciso de París que realizó con dicho instrumento. Todos los resultados de sus investigaciones los reunió en los dos tomos de su publicación “Recherches sur les instruments, le méthodes et le dessin topographiques”.

En aquella época, la principal aplicación era la fotogrametría aérea. La metrofotografía fue definida en su día como el método que consiste en levantar planos por medio de los datos obtenidos en fotografías panorámicas de la región.

### **Fotogrametría Analógica**

Desde 1900 a 1960. Ciclo que se inicia con dos inventos: la estereoscopia como principio de la estereofotogrametría, y la introducción de plataformas adecuadas para la ubicación de sensores (Zeppelin en 1900 y aeroplanos de motor en 1903).

La estereoscopia es cualquier técnica capaz de recoger información visual tridimensional o de crear la ilusión de profundidad en una imagen. La ilusión de la profundidad en una fotografía, película, u otra imagen bidimensional es creada presentando una imagen ligeramente diferente para cada ojo, como ocurre en nuestra forma habitual de recoger la realidad.

Se entiende por fotogrametría analógica la determinación precisa de un objeto en el espacio, a partir de la utilización directa de fotografías aéreas formando modelos estereoscópicos, reconstruyendo el modelo espacial con sistemas ópticos o mecánicos.

## **Fotogrametría Analítica**

De 1960 a 1980. Se inicia con la aparición del ordenador en 1941, que resultó esencial para la aplicación de las teorías verificadas por Finsterwalder en Alemania ya en 1899.

En la fotogrametría analítica la toma de información es analógica y el modelado geométrico es matemático. Mediante el uso de un estereocomparador integrado en el restituidor, se miden las coordenadas x, y y de los puntos pertinentes de las fotografías. Estas coordenadas son procesadas por los programas del computador del sistema. Este realiza el procesamiento de la orientación interior y exterior en forma analítica y procesa el levantamiento de la información del modelo que realiza el operador, para llevarla a su correcta posición ortogonal, y finalmente almacenarla en una base de datos tipo CAD.

## **Fotogrametría Digital**

Desde 1980. Este cuarto ciclo fue precedido por el lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik por la U.R.S.S., y por el uso del satélite Landsat (EE. UU. en 1972).

Actualmente en auge, surge como consecuencia del gran desarrollo de la computación, que permitió realizar todos los procesos fotogramétricos mediante el uso de computadores. Con la fotogrametría digital crecen las posibilidades de explotación de las imágenes, a la vez que se simplifican las tecnologías, permitiendo con ello la generación automática de modelos de elevación del terreno, orto imágenes y estereortoimágenes, generación y visualización de modelos tridimensionales etc. Para llevar a cabo la restitución digital, las imágenes digitales son introducidas en el computador, y mediante visualización en pantalla de estas, el operador introduce los puntos necesarios para realizar el proceso de orientación en forma matemática. La restitución puede ser un proceso iterativo con el operador o ser realizada en forma automática por correlación de imágenes. La salida en la fotogrametría digital puede ser en formato raster o formato vectorial.

A pesar de sus características, aun no logra desplazar por completo el dibujo a mano. En campos como la arqueología, conservación de monumentos y arquitectura, aun se sigue confiando en la habilidad de los dibujantes para documentar yacimientos arqueológicos, objetos esculturales y arquitectónicos. En estos campos siempre se ha tenido el debate sobre la técnica ideal para la documentación. Según la arqueóloga española, Helena Torres, el dibujo manual y el dibujo digital son técnicas que deben coexistir, ambas son complementarias y tener que elegir por una sola opción es limitarse en los recursos. Como dijo Tim Jenison en el documental *Tim's Vermeer* "existe esta idea moderna de que el arte y la tecnología nunca deben reunirse - sabes, vas

a la escuela por tecnología o vas a la escuela por arte, pero nunca por ambos  
... Y en la Edad de Oro, eran una y la misma persona”.



## Referente Conceptual





## **El uso de la fotografía en la arquitectura**

El campo de aplicación de la fotografía en la arquitectura es muy amplio, es una técnica de apoyo al proceso de creación, que en algunos casos se convierte en arte. Su campo de utilidad en todos los campos de trabajo del arquitecto. El uso principal que se le ha dado en los últimos años consiste en capturar y representar los espacios creados por el hombre para describir un entorno urbano o un edificio, a sea de forma aislada o la relación que este tiene con su contexto. La fotografía de arquitectura trata de visualizar el espacio contenido entre muros, encontrar la sustancia del vacío y su relación con lo que lo delimita. En el caso de un edificio, trata de situarlo en el contexto de ciudad, cómo dialoga con el entorno, si se mimetiza, se entiende o se hace notar.

La fotografía arquitectónica es utilizada para documentar los proyectos construidos por los arquitectos, ya sea para su publicación en libros, revistas, sitios web o archivos personales. Asimismo, sus productos son utilizados por constructoras, desarrolladoras y urbanistas con fines publicitarios.

El uso de las técnicas fotográficas, fotogramétricas, electromagnéticas, termográficas y de digitalización son recursos que el arquitecto especialista en conservación debe conocer para determinar la conveniencia del uso de cada técnica y el alcance de esta. Aplicando estas técnicas de manera adecuada, permite la obtención de datos que sirven para tomar decisiones adecuadas o plantear hipótesis.

## **Fotografía de Patrimonio**

La historia de la fotografía y el tiempo que lleva practicándose posibilita la existencia de archivos históricos que recuperan, clasifican y ordenan imágenes de edificios y lugares, convirtiéndose en una herramienta para el trabajo de documentación previa a cualquier proyecto de intervención.

Estos archivos son posibles gracias a que la fotografía de patrimonio es un sistema de teledetección (no existe un contacto físico entre el objeto y la persona que realizó la toma). Donde sí disponemos de los datos referentes al equipo, a la toma, a la posición relativa, etc. podemos desarrollar un tipo de información posterior que puede ser archivarla y reutilizarla en un momento adecuado.

La fotografía permite obtener una información inmediata que posteriormente es susceptible de análisis para la obtención de resultados diferentes a la propia imagen.

La fotografía de patrimonio supone una documentación que permite realizar un análisis histórico, arquitectónico y constructivo para comprobar la evolución del comportamiento o estudiar edificios desaparecidos.

Este campo de la fotografía corresponde a la actividad profesional que puede ser realizada por un arquitecto o no, aunque siempre es preferible que el técnico que la desarrolle esté relacionado con el mundo de la arquitectura. Se requiere un equipo especializado con aplicación directa a la fotografía de arquitectura.

El arquitecto que realice el trabajo de intervención deberá determinar el tipo de fotografías necesarias y su uso con indicación expresa del soporte, encuadre y ángulo de visión. Debe existir un trabajo previo de discusión con el fotógrafo para transmitir de forma clara la utilidad de las fotografías y la posibilidad o no de cumplir los fines previstos. De esta discusión saldrá el esquema de trabajo con la metodología a seguir y los objetivos a cumplir.

### **Orto fotografía**

Esta técnica consiste en la obtención de fotografías mediante un objetivo especial de forma que no existan deformaciones ni variaciones de escala entre el centro y los extremos del fotograma. Estas fotografías una vez escaladas sirven para obtener dibujos proporcionados del objeto fotografiado. En la actualidad esta técnica ha sido sustituida por los sistemas digitales de rectificación de imágenes. Las fotografías se procesan con el software que gracias a la malla calibrada que refleja la retícula existente en la foto y los datos de la cámara disponible produce la corrección de la distorsión y la rectificación de la imagen. Para poder realizar este proceso es necesario tener una medida real y precisa de algún elemento de la fotografía de forma que podamos dar escala a la rectificación.

El software realiza todas las labores numéricas necesarias de corrección y escalado, obteniendo una imagen rectificada en dos dimensiones. Esta imagen puede ser trasladada a un sistema CAD y dibujada.

La limitación de este sistema viene en la rectificación que se realiza sobre un solo plano y en la imagen resultante, ya que todo lo que en la fotografía original no haya captado por problema de perspectiva no vendrá reflejado en la fotografía rectificada. Su uso es adecuado para el levantamiento de planimetrías donde no se requiera precisión en todos sus elementos. Los medios necesarios son de fácil manejo y el tiempo real de obtención de imagen rectificada es considerablemente rápido.

### **Termografía**

“Por encima del cero absoluto ( $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) todos los cuerpos irradian energía, cuya longitud de onda varía en función de su temperatura. Si la longitud de onda se halla entre 700 y 1200 nm. puede registrarse su acción sobre emulsión fotográfica sensible al infra-rojo. Si la longitud de onda se halla por encima de los 1.200 nm. y hasta 1.000.000 nm. su acción se registra electrónicamente.” (Arce, y otros, 1999)

La termografía es un sistema óptico electrónico que permite la formación de imágenes por rayos infrarrojos transformando las variaciones de estos en una imagen sobre una pantalla. Esta imagen así realizada puede fotografiarse por métodos normales.

La termografía infrarroja es un método de medida de la radiación emitida por una superficie de un cuerpo en determinadas longitudes de onda. Esta emisión depende de su temperatura y su emisividad.

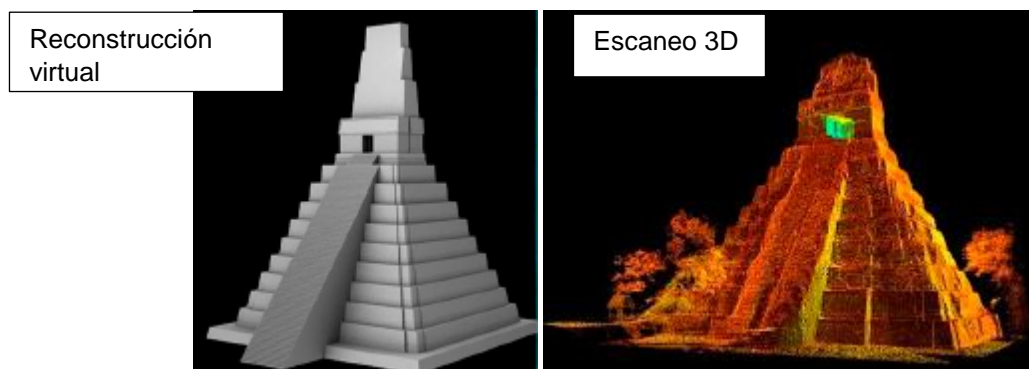
Por tanto, si una de estas variables es conocida se puede determinar la otra. Es una técnica no destructiva aplicable a cualquier fenómeno físico que conlleva una variación de temperatura o emisividad del cuerpo. No es necesario el contacto directo del equipo y el cuerpo a estudiar.

Es una técnica de ensayo no destructiva, rápida de usar, cuyas aplicaciones son:

- Identificación de materiales
- Estado de conservación de los materiales
- Localización de humedades
- Desprendimiento en acabados
- Comportamiento térmico de los edificios
- Localización de instalaciones y puntos calientes

## Nuevas tecnologías 3D en arquitectura

Dentro del campo de la arquitectura, las técnicas y la aplicación de registro digital 3D ha aumentado de manera considerable. El costo/beneficio de estos procedimientos se ha convertido en algo rentable y es por esto por lo que han tenido una mayor aceptación.



*Ilustración 28 Comparación entre una reconstrucción 3D y un escaneo 3D*

Fuente: <http://archive.cyark.org/tikal-intro>

El razonamiento abstracto y la interpretación de las tres dimensiones X Y, y Z son aspectos intrínsecamente ligados a la arquitectura. Con el desarrollo de los programas que permiten crear modelos 3D y dibujos CAD se ha podido hacer reconstrucciones virtuales de objetos a partir de datos obtenidos en campo en los levantamientos arquitectónicos, sin embargo, su objetivo era meramente la visualización de los objetos.

Actualmente existen herramientas que van más allá de la visualización digital y permiten realizar análisis más profundos y detallados para trabajos de diagnóstico arquitectónico. Los escáneres láser permiten obtener una abundante cantidad de datos que lo diferencian del modelado 3D tradicional. La posibilidad de presentar los objetos tal y como se encuentran al momento del registro, y no una reconstrucción virtual, abren una gran ventana de posibilidades que antes no estaban disponibles. En la figura

En la búsqueda de métodos que permitan una rápida captura de información de las tres dimensiones de los objetos y hacer una captura de realidad para poder trasladarla a un entorno virtual, se destacan 3:

- Escaneo láser 3D
- Escaneo por luz estructurada.
- Fotogrametría de rango corto.

### **Escáneres láser 3D**

El escáner laser tridimensional es una de las herramientas más precisas y confiables para los trabajos de escaneo tridimensional. El escaneo laser permite generar una gran cantidad de superficies en poco tiempo. Algunos equipos cuentan con la capacidad de procesar información de termográficas, además de tener un GPS (sistema de posicionamiento global) incorporado para poder georreferenciar los puntos de escaneo. Estos escáneres láser pueden operar a nivel terrestre (Terrestrial Laser Scanner, o TLS), o montados en un avión (Light Detection and Ranging, o LiDAR) para la creación de modelos 3D. Sin embargo, es una tecnología que requiere de una meticulosa capacitación para los operarios y el costo del equipo es muy elevado.



*Ilustración 29 Escáner Láser*

Fuente: [http://www.abreco.com.mx/glosario\\_topografia.htm](http://www.abreco.com.mx/glosario_topografia.htm)

El principio básico de funcionamiento de este equipo es que la fuente del láser emite un haz de luz sobre la superficie de un objeto. Este haz rebota y es captado por un sensor óptico. Basado en el principio básico de triangulación, el escáner va construyendo una densa nube de puntos. Su precisión geométrica de los modelos lo convierte en una herramienta confiable, sin embargo, se debe tener cuidado con las superficies traslucidas o reflejantes ya que interfieren con los haces de luz. En la ilustración 30 se observa el funcionamiento de un escaneo aéreo con este sistema.





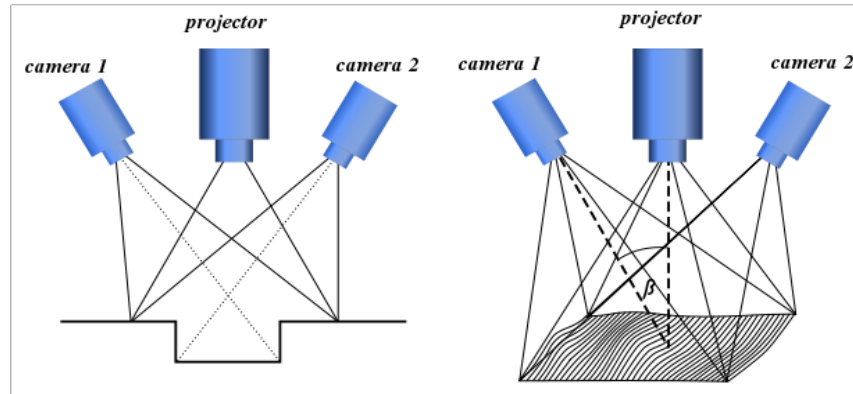
*Ilustración 30 Escaneo aéreo con LiDAR*

Fuente: <http://lidar-america.com/topography>



## Escáneres basados en luz estructurada

El escáner de luz estructurada es un dispositivo capaz de capturar la forma y características de un objeto mediante la proyección de un patrón de luz y su registro en un sistema de detección. Por sus características, este dispositivo se incluye en el grupo de escáneres activos sin contacto.



*Ilustración 31 Funcionamiento de escaneo por luz estructurada*

Fuente: CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4502990>

El escáner 3D consta de una fuente de luz que proyecta un haz cubre parcial o totalmente la superficie del objeto escaneado. Estos patrones de luz pueden ser líneas separadas de luz de diferentes colores según se ilustra en la figura 8. El otro componente es la cámara que captará los puntos o líneas de las superficies. Mediante este método se pueden obtener texturas. El equipo es de pequeñas dimensiones, convirtiéndolo en una herramienta portátil. Su aplicación se limita a objetos de dimensiones pequeñas, siendo esta su principal desventaja.



*Ilustración 32 Equipo y proyección de luz estructurada para escaneo de objetos.*

Fuente: [http://www.modelart3d.com/proceso\\_video.html](http://www.modelart3d.com/proceso_video.html)

## **Fotogrametría**

La fotogrametría es la ciencia o técnica cuyo objetivo es estudiar y definir la forma y las dimensiones de un objeto cualquiera en el espacio de manera precisa, a partir de la intersección de dos o más fotografías. En términos generales, la fotogrametría se puede definir como las medidas de lo escrito con luz.

A diferencia de la información bidimensional de la geometría de un objeto obtenida a partir de una sola fotografía, al trabajar con dos fotos, se genera una zona de traslape que permite tener una visión estereoscópica el objeto y recopilar información tridimensional.

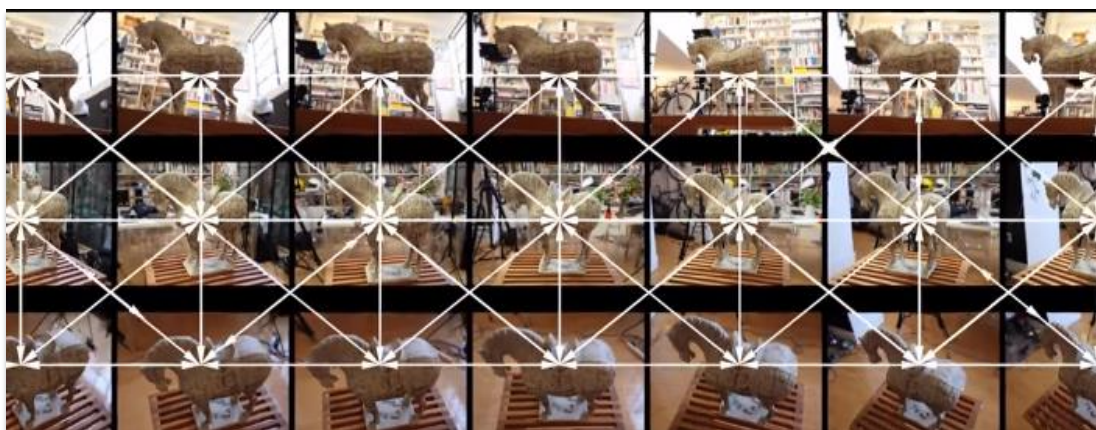
El método fotogramétrico analógico se basa en la obtención de dos fotografías desde dos puntos de vista diferente. Estas fotografías se realizan conociendo una serie de parámetros del equipo fotográfico y del objeto, de forma que se pueda reproducir a posteriori la misma situación que cuando se realizó la toma y por tanto reconstruir el modelo original y ser capaces de medir sobre él y materializar esta medición en un plano. Para poder reconstruir el modelo se necesitan unos parámetros que permitan situar los fotogramas en una posición similar a cuando se tomaron las fotografías, para ello se deben conocer las coordenadas espaciales de una serie de puntos del objeto, que además estarán perfectamente definidas en los fotogramas (puntos de apoyo). Estos puntos permiten conocer la escala a la que se está creando el modelo y por tanto poder variarla. La fotogrametría permite definir con precisión, la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto, partiendo de medidas realizadas sobre fotografías de este.<sup>11</sup>

Hasta hace unos años, los equipos necesarios para realizar los trabajos de fotogrametría eran sumamente especializados, llegando a costar hasta más de 250 mil dólares. Las cámaras costaban más de 10 mil dólares y el proceso era sumamente complejo por lo que se requería de una mano de obra sumamente capacitada.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> (Arce, y otros, 1999)

<sup>12</sup> (García, 2014)



*Ilustración 33 Puntos de referencia intersectados*

Fuente: Autodesk ReCap Photo - How to Take Photos for Photogrammetry.

En la ilustración 33 se observa la manera en que se intersectan tres puntos de referencia diferentes en múltiples fotografías, es de esta manera que los programas digitales procesan la información gráfica de las fotografías para luego ubicar los fotogramas en coordenadas X, Y, y Z para ubicar el objeto en el espacio y poder crear una reconstrucción tridimensional digital.

### **Tipos de Fotogrametría**

Según tipo de fotografía se divide en:

#### *Fotogrametría Aérea*

Es aquella en la cual las estaciones se encuentran en el Aire, esta se aplica para la elaboración de planos y/o mapas para el desarrollo de proyectos de Ingeniería.

#### *Fotogrametría Terrestre*

Es aquella que utiliza fotografías tomadas sobre un soporte terrestre; debido a esto, la posición y los elementos de orientación externa de la cámara son conocidos de antemano. Según tipo de tratamiento.

#### *Fotogrametría analógica*

Son los modelos matemáticos utilizados. Fue la primera parte de la fotogrametría en desarrollarse.

#### *Fotogrametría analítica*

Se encarga de aplicar los modelos matemáticos a objetos físicos. Fue la segunda parte en desarrollarse.

### *Fotogrametría digital*

Con la aparición de los ordenadores, se sustituye la imagen analógica por la imagen digital, del mismo modo que se empiezan a utilizar programas informáticos. En la actualidad la fotogrametría digital convive con la analítica.<sup>13</sup>

Una de las principales aplicaciones de la fotogrametría es la cartografía, ya sea topográfica, temática, catastral, etc. Sin embargo, la aplicación de esta ciencia se extiende a más campos de acción como la agronomía, ortofotografía, arquitectura, planificación territorial, arqueología, control de estructuras, etc.

### **Aplicación de la fotogrametría en arquitectura**

En el campo de la arquitectura, la fotogrametría tiene una gran variedad en su aplicación. Es útil desde la digitalización de una escultura, un objeto de mobiliario doméstico, hasta una gran edificación patrimonial con fines de conservación. En la preservación del patrimonio, la ventaja de esta técnica permite crear una reconstrucción virtual precisa del objeto de estudio. Este objeto digital ofrece la oportunidad de realizar muchos análisis de información que no es perceptible a simple vista. Al eliminar las texturas del modelo, es posible reconocer alteraciones, daños y fallas estructurales que de otra manera no pueden ser reconocidas. Es posible crear un mapa de colores de acuerdo con la normal de cada superficie del modelo, realizar un análisis morfológico basado únicamente en la geometría. Si todo el trabajo fotogramétrico se realiza de una manera correcta, el nivel de precisión que se puede llegar a alcanzar con estos métodos es milimétrico.

Todo este análisis de información, de la mano de un especialista en la materia, abre una nueva ventana de posibilidades en la toma de decisiones de procesos de conservación y restauración de monumentos, permitiendo tomar de una mejor manera, con un criterio más amplio, las decisiones en cuanto a las intervenciones que se pueden realizar en el patrimonio arquitectónico. Además, esta técnica es útil en trabajos de remodelación, ampliación y reciclaje de construcciones. Los campos de aplicación de la fotogrametría se extienden a todo lo que la arquitectura abarca como tal.

---

<sup>13</sup> (Topoequipos, s.f.)

## Fotogrametría de rango corto

Como la fotogrametría principalmente es un método que se utiliza a partir de la toma de fotografías aéreas para la corrección de áreas muy extensas, cuya finalidad es tener ortofotos de superficies de la tierra, tiene una su especialización para objetos de tamaño pequeño llamada Fotogrametría de rango corto, que se aplica a objetos de unos pocos decímetros hasta doscientos metros en su tamaño. (García, 2014) y (Lerma, Navarro, Cabrelles, & Villaverde, 2010)

La técnica para reconstrucción virtual de modelos 3D mediante fotogramas bidimensionales desde diferentes ángulos visuales opera bajo el mismo principio que el sistema de visión humana. Cuando una persona observa un punto de un objeto en el espacio, la distancia al punto se determina por la comparación de la perspectiva que cada ojo procesa de manera independiente, el cerebro combina la información de los dos ojos para generar una percepción de volumen, dimensión y distancia de los objetos. “Haciendo uso de esta aproximación, y de las técnicas de perspectiva, reglas de iluminación, reconocimiento de patrones automáticos se obtienen nubes de puntos, cada uno de estos puntos con coordenadas en X, Y, Z. A esta técnica, proceso y fenómeno de estimar estructuras tridimensionales a partir de imágenes bidimensionales se le conoce como Structure from Motion o *SfM*” (García, 2014) y (Lowe, 1999) , en la ilustración 34 se describe gráficamente como funciona este procedimiento.

El desarrollo de la informática y los programas digitales ha permitido el desarrollo de aplicaciones dedicadas a simplificar los procesos analógicos de la fotogrametría y automatizarlos, con la ayuda de algoritmos matemáticos, para obtener resultados precisos en un tiempo reducido. En el año 1999, en la University of British Columbia, el Dr. David Lowe patentó un algoritmo denominado *SIFT* (Scale-Invariant feature transform). Este algoritmo hace posible la detección del contorno de cualquier objeto en una imagen digital y extraer una serie de puntos de referencia para crear una descripción de su forma y poder detectar estos mismos puntos en una imagen diferente (Lowe, 1999). Gracias a este algoritmo, se elimina la necesidad de tener un equipo altamente especializado. La calibración de la cámara, la homogeneidad de la iluminación, y el traslape exacto de fotografías para poder visualizar con

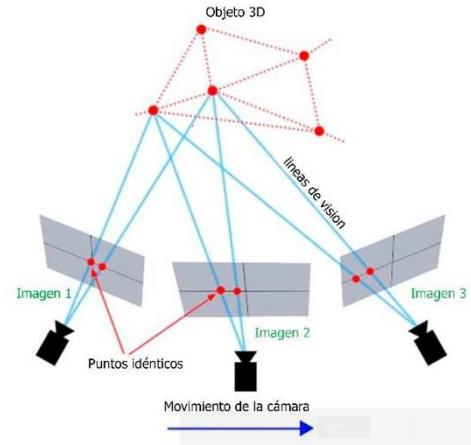


Ilustración 34 Esquema de funcionamiento de Modelo SfM

Fuente: (García, 2014)

estereoscopios ya no son factores determinantes en el manejo de la fotogrametría.

Con el desarrollo del hardware en su capacidad de procesamiento y memoria, ha surgido una variedad de software que permiten procesar una mayor cantidad de información debido a la cantidad de tiempo necesaria para realizar el tejido de imágenes para la reconstrucción virtual de objetos escaneados. Es posible documentar un objeto arquitectónico de gran escala y obtener su modelo tridimensional, con un alto nivel de detalle, en un tiempo significativamente corto. Aplicando los principios SfM y SIFT aun surgido al mercado softwares como Autodesk 123D Catch (Autodesk Inc., 2017) Autodesk ReCap Photo (Autodesk Inc., 2017), Autodesk ReCap (Autodesk Inc., 2017), Automatic Reconstruction Conduit (ARC 3D) (VISICS, 2011), Bundler (Snavely, 2010), PhotoModeler Scanner (Eos Systems Inc., 2012), PhotoScan (AgiSoft LLC, 2011b), Photosynth (Microsoft Corporation, 2011) o el VisualSFM (Wu, 2012).

Todas las herramientas de fotogrametría digital, antes mencionadas, permiten generar modelos virtuales 3D sin la necesidad de tener conocimientos especializados en aspectos técnicos de fotogrametría. La manera de procesar la información cambia de un software a otro, pero todos parten del mismo principio, distinguir puntos de referencia e intersectarlos en dos o más fotografías.

## **Software**

Los softwares digitales que existen en el mercado hoy en día permiten crear reconstrucciones virtuales de cualquier objeto, sin importar su escala, y convertirlo a un modelo digital tridimensional a partir de un escaneo fotográfico bidimensional.

Esto gracias a los avances en la fotogrametría digital, que consiste en realizar intersecciones de puntos de referencia en dos o más fotografías para poder realizar medias en distintas perspectivas de un mismo objeto y así obtener su digitalización precisa. Si bien estos softwares realizan automáticamente, mediante algoritmos, los procesos que antiguamente se realizaban de manera analógica para realizar las intersecciones de los puntos de referencia, es necesario conocer el correcto uso de los programas digitales, así como todos los pasos previos necesarios para poder digitalizar la información, desde el escaneo fotográfico, la iluminación de los objetos, las distancias entre la cámara fotográfica y el objeto, el Angulo de separación entre cada captura fotográfica, la cantidad de fotografías necesarias, hasta la documentación completa de planos, análisis de la información y representaciones virtuales tridimensionales.



Tomando en cuenta muchos aspectos diferentes en cuanto a ventajas y desventajas de cada programa de aplicación en la fotogrametría disponible en el mercado actual, se optó por utilizar los programas desarrollados por Autodesk inc. Los principales criterios de selección se basaron en la posibilidad de tener una certeza de compatibilidad entre los programas que formaran el flujo de trabajo. La garantía de soporte del software a largo plazo, previendo que los programas desarrollados por pequeñas empresas pueden llegar a desaparecer en algún momento. La posibilidad de utilizar los servidores de Autodesk, para realizar procesamiento de información en la nube digital, reduciendo la inversión en equipo especializado para realizar los trabajos necesarios y la posibilidad de exportar la información en diferentes formatos, en caso de ser necesario migrar a un ecosistema diferente al de Autodesk, si la característica de un proyecto así lo requiere. Los programas seleccionados, en orden de aplicación en el flujo de trabajo, son los siguientes:

#### Autodesk ReCap

*Reality Capture & 3D Scanning Software.* Este programa en particular permite convertir cualquier objeto del mundo real en una nube de puntos o *Point Cloud* para modelado conceptual, realizar medidas precisas, hacer anotaciones con las partes que sean relevantes del proyecto. Ya sea que se trate de un escaneo fotográfico, o un escaneo con láser 3D, los resultados son precisos y los procesos toman poco tiempo.

Sus diferentes herramientas ofrecen la posibilidad de realizar análisis críticos a un nivel de detalle muy profundo, ya que existe la posibilidad de eliminar la perspectiva de la cámara fotográfica y poder obtener vistas ortogonales del objeto. Es posible eliminar las texturas y el color para apreciar de una manera más neutral, todos los relieves que presentan las superficies de los objetos analizados, haciendo evidente lo que no es posible ver en una inspección visual y fotográfica normal.

Las herramientas de edición son bastante básicas, como la posibilidad de seleccionar algunas áreas de interés del objeto y aislarlas en una vista para poder analizarlas con más facilidad, ya sea en una vista con perspectiva, ortogonal, con color, o en escala de grises. El modelo también se puede depurar, eliminando objetos que no sean necesarios o formen parte del elemento de interés.

Este es un programa útil para concebir el modelo 3D que se genera a partir de fotografías o escaneo laser, para luego analizar en gabinete, todos los aspectos que no se pueden observar en obra, por el tiempo, la iluminación y otros factores.

Además, su vínculo con otros programas es muy amplio, ya que ofrece la oportunidad de exportar el modelo como una nube de puntos en formato. RCS, compatible con programas CAD y BIM como lo son AutoCAD y Revit. Además

de modelos 3D basados en mallas poligonales o *mesh* compatibles con todos los softwares de modelado 3D disponibles en el mercado, exportando el modelo en formatos FBX, OBJ, RCM (especifico de Autodesk ReCap Photo), y TIF.

### Autodesk ReCap Photo

Este software ofrece la posibilidad de convertir fotografías o escaneos en mallas tridimensionales o *mesh* de alta definición. ReCap Photo también ofrece la posibilidad de modificar el mesh según sea necesario. Puede ser optimizado, editado, realizar medidas o corregir la escala, y alinear los planos. El software posee herramientas de modelado de uso intuitivo. Su aplicación permite analizar con ingeniería inversa la construcción de los objetos, como soporte al diseño, la ingeniería, realidad aumentada, realidad virtual, cine, animación, arte, y la preservación del patrimonio y publicaciones digitales que ofrezcan experiencias interactivas en línea o en dispositivos móviles.

ReCap Photo es un programa que se adapta también al flujo de trabajo de Autodesk® ReCap Photo, optimizando las reconstrucciones virtuales con sus herramientas de edición los escaneos con láser o las construcciones con fotografías.

### 3D Studio Max

Esta herramienta es capaz de producir animaciones, renderizaciones y modelos 3D. Una vez que se han realizado todos los análisis necesarios en las representaciones realísticas de los programas de ReCap y ReCap Photo, las herramientas de edición y modelado de este software permiten realizar análisis de la geometría mas precisos. Este software muestra de manera más precisa los datos de la geometría del objeto, principalmente el área y volumen de las superficies.

Además, es posible realizar propuestas de intervenciones en los objetos, modificar las geometrías, depurar los modelos, agregar objetos, editar texturas, y principalmente exportar los modelos en una gran variedad de formatos disponibles, compatibles con cualquier programa de modelado 3D, sea desarrollado por Autodesk o por cualquier otro desarrollador.

Este programa es un vínculo eficiente entre ecosistemas digitales y es lo que permite la universalidad de software en el flujo de trabajo, asegurando así la continuidad de soporte en la información. Aun si otro programa del flujo de trabajo deja de ser actualizado y recibir soporte, 3D Studio Max ofrece la posibilidad de adaptarse a los cambios que se puedan presentar en el futuro.

### Autodesk Revit

Es un software de Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo



paramétrico. A diferencia de los programas CAD, trabajar con BIM es un método altamente eficiente, en el cual, una modificación en un plano de planta significa que todo el modelo tendrá la misma modificación, sea un plano de sección, elevación, modelo 3D etc. Esta característica simplifica los esfuerzos y el recurso de tiempo necesario para obtener la documentación completa de planos de un proyecto.

Entre sus principales características se destacan el modelado paramétrico, la colaboración en tiempo real con otros miembros de un equipo de trabajo, documentación completa desde la planificación hasta la cuantificación de materiales y presupuestos.

### **Equipo necesario para fotografía arquitectónica**

Para que un arquitecto pueda tomar decisiones acertadas en la aplicación de las técnicas de fotografía para aplicación en temas de arquitectura primero debe ser consciente del equipo que tiene a su disposición y conocer todas sus características para determinar los alcances y límites que este equipo tenga.

#### **Cámara**

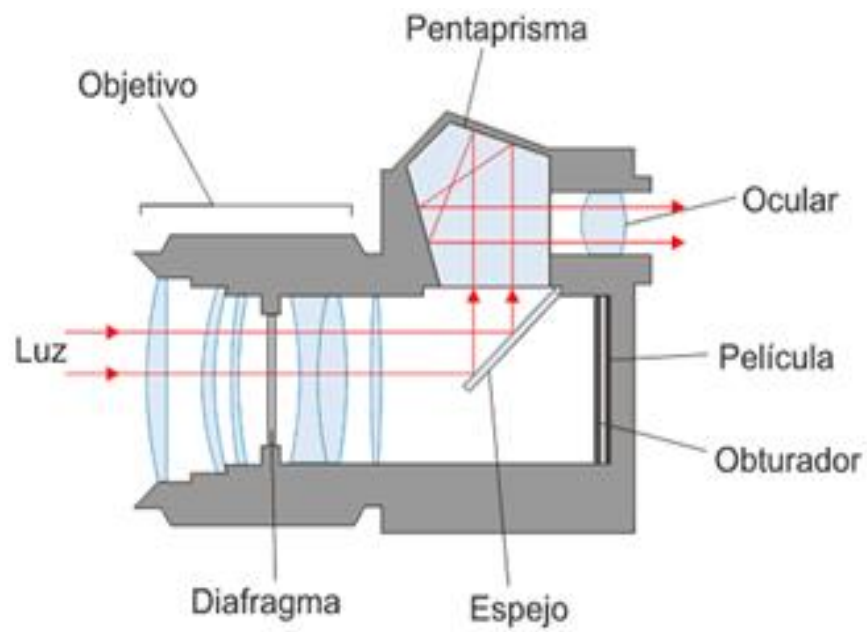
Cada cámara, reducida a sus componentes más básicos, es simplemente una caja con una apertura con un fin de admitir luz y un dispositivo al fin de retener película. La forma del cuerpo y los aspectos activos, sin embargo, varían con tipos diferentes de cámaras.

En la actualidad el tipo de cámara que se utiliza con mayor frecuencia es la que utiliza el sistema réflex digital, esta permite al usuario ver directamente la imagen que va a fotografiar a través de un visor óptico sin ninguna clase de error de paralaje. La luz entra en la cámara a través del objetivo, es reflejada en un espejo (de ahí el nombre, proveniente del inglés reflex que significa reflejo), y a través de este la imagen llega hasta el visor.



*Ilustración 35 Cámara DSLR*

Fuente: Canon



*Ilustración 36 Partes de la cámara*

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/fotografia/camara>

### El trípode

Herramienta indispensable para este tipo de fotografía ya que al igual que un nivel de burbuja permite estabilizar la cámara y, sobre todo, trabajar con precisión en el encuadre. El trípode debe soportar el material pesado y ser colocado a la altura suficiente para optimizar la toma.

### Disparador Remoto

Se emplea para eliminar todo tipo de vibración que pueda provocar el contacto directo con la cámara, sobre todo si se trabaja con velocidades lentas de obturación y si se desea fotografiar exactamente el mismo encuadre en repetidas ocasiones.

### Drone

Un drone es una aeronave no tripulada, no requiere de un piloto a bordo y se controla por medio de mandos a distancia. Los hay de todos los tamaños y sus aplicaciones varían desde operaciones militares hasta un uso comercial. Esta tecnología existe desde hace unas décadas, sin embargo, es hasta años recientes que estos se han convertido en productos comerciales de acceso universal. La invención del cuadricóptero, una aeronave de 4 motores ha revolucionado el mercado fotográfico permitiendo fotografiar y hacer filmaciones desde ángulos en los cuales era imposible antes.

Un drone es la herramienta perfecta para realizar escaneos de objetos arquitectónicos de gran tamaño, ya que se puede obtener información de fotogramas de todos los ángulos posibles.



*Ilustración 37 Drone Cuadricóptero*

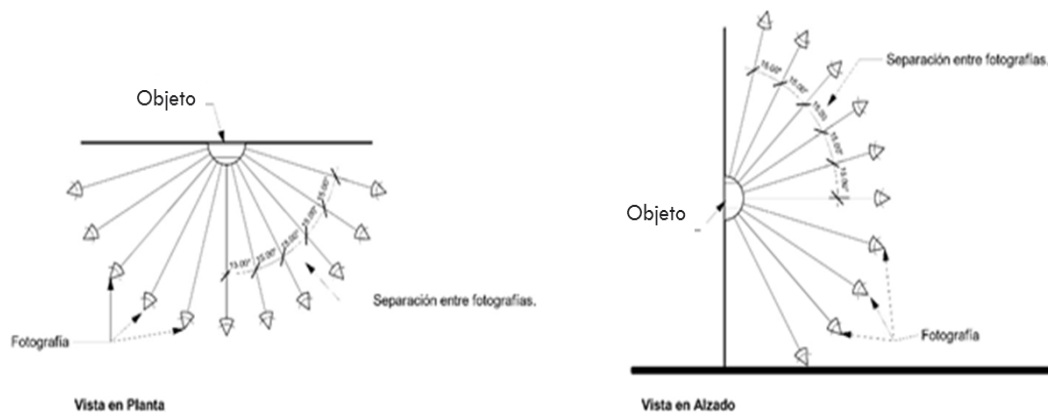
Fuente: DJI

## Cinta métrica y flexómetro

Es necesario contar con una cinta métrica de 50 metros para tomar medidas de referencia de elementos importantes y la longitud de las fachadas. Un flexómetro de entre 3 a 8 metros simplifica la medición de elementos con dimensiones menores, tales como ventanas, columnas y puertas.

## Capturas fotográficas

Si el objeto a fotografías permite realizar una captura fotográfica envolvente alrededor del objeto, procurando tener una separación entre fotografías de por lo menos  $35^\circ$  y mantener una distancia uniforme hacia el objeto como se muestra en la ilustración 38. Esto sirve tanto para recorridos horizontales y verticales.

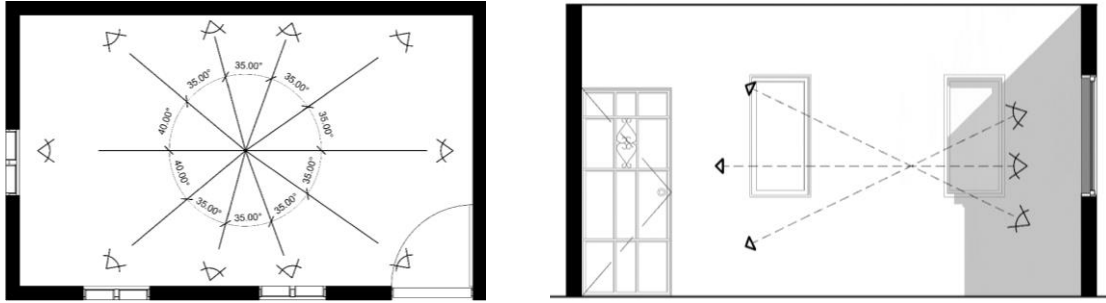


*Ilustración 38 Capturas fotográficas*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Esta técnica de capturas fotográficas resulta altamente útil en situaciones en las que el objeto a fotografiar es de dimensiones pequeñas, o para exteriores de edificaciones. Si el objeto a escanear es muy grande, se puede recurrir a la asistencia de un dron con cámara para realizar capturas aéreas y simplificar el trabajo.

En el caso de necesitar un escaneo fotográfico de un espacio interior de algún objeto arquitectónico, se debe colocar la cámara lo más cercano posible a los muros y realizar capturas fotográficas concéntricas, de preferencia se debe mantener la separación uniforme a un Angulo entre  $35^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  para asegurar que haya suficiente información de traslape en las fotografías tal como se muestra en la ilustración 9. Es necesario repetir el circuito fotográfico por lo menos a 3 alturas diferentes para obtener suficiente información de pisos, muros y cubiertas como se muestra en la ilustración 38.



*Ilustración 39 Captura fotográfica en interiores*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

El mínimo para hacer una captura de realidad por medio de fotografías para aplicar un software de fotogrametría digital es entre quince a veinte, sin embargo, dependerá de las dimensiones y características del objeto. Entre más fotogramas se incluyan en el tejido fotogramétrico, los resultados tendrán más detalle y los resultados serán de mayor calidad. La cantidad de imágenes no debe ser mayor a doscientas por escena ya que el software tiene esa limitante. En caso de requerir más fotografías, se debe seccionar el objeto que se está escaneando en diferentes procesos fotogramétricos. Para mantener organizado el trabajo, es necesario ordenar las fotografías en carpetas identificándolas de acuerdo con escenas de captura.



# **Legislación para la Protección de Monumentos Patrimoniales**

---







La relevancia de los tratados, convenios, normas y legislaciones internacionales en el campo de la arquitectura radica en que marcan una directriz para establecer las normas nacionales. Y en caso de que exista algún tema específico que no se haya normado localmente, se debe acudir a los documentos internacionales.

### **Carta de Atenas, Conferencia de Atenas (1931)**

Esta carta sienta las primeras bases para las legislaciones y normativas de conservación de monumentos en la que se establecen los siguientes puntos:

- El uso de los monumentos debe respetar el carácter histórico del mismo.
- Debe existir una legislación local para la conservación de monumentos, respaldada por una internacional.
- La utilización de Materiales Modernos en esa época como herramienta para la consolidación de los monumentos.
- Fomentar los valores de inclusión y respeto de los monumentos a la población en general como estrategia de conservación.

### **Convención para la Protección de los Bienes Culturales en caso de Conflicto Armado y Reglamento para la aplicación de la Convención (1954)**

Este convenio surgió posteriormente a la II Guerra Mundial, como resultado de la gran destrucción de bienes patrimoniales durante esa época, estableciendo lo siguiente:

- Durante los tiempos de paz, realizar acciones de inventario y planificación de medidas de emergencia para la protección contra incendios, derrumbamiento de estructuras.
- Respeto de los bienes culturales situados en sus respectivos territorios, así como en el territorio de otros Estados Parte, absteniéndose de utilizar esos bienes, sus sistemas de protección y sus proximidades inmediatas para fines que pudieran exponer dichos bienes a destrucción o deterioro en caso de conflicto armado, y absteniéndose de cualquier acto de hostilidad respecto a ellos.
- Estudio de la posibilidad de hacer registros de los bienes culturales bajo protección especial con objeto de colocar esos bienes bajo protección especial.
- La posibilidad de marcar determinados edificios y monumentos importantes con el emblema distintivo de la Convención.
- Establecimiento de unidades especiales de las fuerzas armadas encargadas de la protección de los bienes culturales.
- Sanciones por violación de la Convención.

## **Carta de Venecia Carta Internacional para la conservación y restauración de monumento y conjuntos históricos-artísticos. (1964)**

Esta carta otorga la categoría de monumento al patrimonio menor, título que se reservaba para el patrimonio de grandes dimensiones. Establece que el tamaño del objeto no es lo que define su valor.

## **Normas de Quito (1967)**

Estas normas aterrizan las características de los tratados y cartas europeas para la conservación del patrimonio a un ámbito latinoamericano, debido a que existen diferencias significativas en las formas de gobierno y el manejo del poder y del estado.

Se plantea que los monumentos pueden ser una fuente de ingresos para el Estado, y desarrollo en general. Se establecen cuatro ejes instrumentales para la valorización de los monumentos y asegurar el desarrollo integral de un país.

- Primero: recomendaciones a nivel nacional, ya que es el gobierno el cual debe dotar de condiciones idóneas para poder los planes de valorización de los monumentos.
- Segundo: recomendaciones a nivel internacional, partiendo de la necesidad de adherir a los países que no se habían suscrito al acuerdo de la Carta de Venecia. Para que el estado se encuentre en sintonía en cuanto a la legislación vigente de la época, y poder intercambiar experiencias sobre los problemas de cada lugar.
- Tercero: implementación de medidas legales; por medio de la actualización de los Estados Americanos, revisión de las regulaciones locales, las zonas de proyección y la regularización de las intervenciones de la iniciativa privada por medio de incentivos fiscales.
- Cuarto, medidas técnicas.

## **Convenio para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural. Paris (1972)**

La conferencia de la UNESCO fue llevada a cabo en París el entre los meses de octubre y noviembre de 1972. Durante la cual se tocaron los siguientes puntos:

- Definiciones de monumentos tanto de carácter cultural como natural. Quedando dicha identificación por parte de cada Estado
- Las definiciones de protección nacional y proyección internacional del patrimonio cultural y natural, parte de cada uno de los estados que forman parte de la conversión.
- Con el Art. No. 8, se crea el comité Intergubernamental de Protección de Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, dentro de la UNESCO, así

como de la selección de los miembros y el establecimiento de las funciones de dicho comité.

- Con el Art. No. 15 se crea el Fondo para la protección del Patrimonio Cultural y Natural Mundial. Estableciendo el carácter de este fondo, fuentes de financiamiento y contribuciones.
- La creación y obligatoriedad de programas educativos por parte de los Estados adscritos al convenio.

### **Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico. Ámsterdam (1975)**

Esta carta al igual que otros documentos establecen que no solo los monumentos más emblemáticos forman parte del patrimonio arquitectónico, ya que existen también grupo de edificios menores en ciudad y pueblos. Creando así una dinámica mayor de inclusión a una mayor cantidad de sitios que es ese momento se encontraban en abandono. Favoreciendo también la integración de los centros y lugares históricos, para poder crear un equilibrio con el desarrollo. Creando así también políticas en los ejes educativos, para fomentar la conciencia de la población en cuanto a la valorización del patrimonio, el cual se encuentra en muchos casos amenazado por la ignorancia o la negligencia de las autoridades encargadas de estos. También se establece concientización de que esto no es un problema aislado de un país, sino de todo el continente europeo. Recomendación relativa a la salvaguardia de los conjuntos históricos y su función en la vida contemporánea.

### **Carta de Turismo Cultural, adoptada por ICOMOS (1976)**

El consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), creado como parte de los acuerdos de Venecia (1964), tiene como objetivo promover los medios para salvaguardar y garantizar la conservación, realce y apreciación de los monumentos y sitios que constituyen una parte privilegiada del patrimonio de la humanidad. Dado el efecto positivo en cuanto a valorización y fomento de los sitios patrimoniales, como los efectos nocivos o destructivos que pueda causar el turismo cultural, siempre debe prevalecer el respeto al patrimonio cultural. Para esto se debe establecer una política dirigida a la dotación del necesario equipamiento y a la orientación del movimiento turístico, que tenga en cuenta las limitaciones de uso y de densidad que no pueden ser ignoradas impunemente.

### **Conclusiones del coloquio sobre la preservación de los centros históricos ante el crecimiento de las ciudades contemporáneas. Quito (1977)**

Las acciones sobre los centros históricos deben fundamentarse en un especial reordenamiento de la técnica y uso del suelo, con miras a mejorar la vida de sus habitantes. Deberán ser previsivas y contemplar los recursos humanos y

financieros de ellos, manteniendo una pluralidad funcional sin desmadre de la habitacional. Por lo cual se deben formular medidas para:

- La tarea de rescate del patrimonio artístico, cultural y social de América Latina tendrá como protagonistas prioritarios a los habitantes de los países interesados con la cooperación inmediata de los organismos internacionales de cultura y financiamiento, siendo necesaria la organización comunitaria de los habitantes de los centros históricos para alcanzar los principios de acción señalados.
- Incorporación a las políticas oficiales de vivienda, de programas específicos para rehabilitación, como forma de mantener el patrimonio habitacional del país.
- Para el financiamiento de los programas de revitalización de los centros históricos, debe poder disponerse de las líneas de crédito nacional e internacionales destinadas a proyectos de rehabilitación de viviendas, infraestructura y equipamiento humano, desarrollo comunal y turismo.
- La reformulación de la legislación vigente para la preservación de los centros históricos debe tomar en cuenta las medidas tendentes a incrementar el poder de decisión de los organismos calificados, capaces de permitir no sólo la preservación del centro histórico, sino también de las modificaciones del entorno urbano y natural.
- Toda acción de revitalización debe estar fundamentada en estudios multidisciplinarios del área.
- Es necesario, por tanto, incrementar la formación de arquitectos urbanistas y otros especialistas afines paralelamente a la adecuación de los cuadros profesionales cualificados en las técnicas de restauración existentes y a los lineamientos de acción enumerados 15
- Se advierte la necesidad de una amplia campaña de concienciación acerca no sólo del valor cultural, sino del carácter social viviente de los centros históricos, a través de los medios de comunicación masiva y los sistemas educacionales en todos sus niveles.

### **Convención para la salvaguardia del patrimonio arquitectónico de Europa. Convención de Granada (1985)**

El Consejo de Europa, reconoce que el patrimonio arquitectónico constituye una expresión irremplazable de la riqueza y diversidad del patrimonio cultural de Europa, testimonio inestimable de nuestro pasado y herencia común de todos los europeos. Para esto de acuerdo con el Art. No. 1 se establecen las definiciones de Monumentos, Conjuntos de Edificios y Lugares. Para la cual de acuerdo con el Art. No. 2 se establece que los países adscritos a la convención deben identificar con precisión los monumentos, conjuntos arquitectónicos y lugares objeto de protección, cada parte se compromete a llevar inventarios de estos y, en caso de amenazas sobre los bienes respectivos, preparar a la mayor brevedad posible la documentación pertinente.

- De acuerdo con la parte legal de esta convención se establece que cada parte deberá tomar las medidas legales para la protección del patrimonio arquitectónico. Así como los procedimientos legales para trabajos y proyectos que involucren monumentos patrimoniales.
- Se establecen además medidas de apoyo económicas a las autoridades correspondientes encargadas de los bienes patrimoniales. Así como fomentar la investigación científica para evaluar y analizar los efectos perjudiciales y su manera de tratarlos.

### **Carta de Burra - Carta para la conservación de lugares de valor cultural (1979 – 1982 – 1988 – 1999)**

La carta fue adoptada el 19 de agosto de 1979 por el ICOMOS Australia en Burra, Australia del Sur. establece normas de práctica para quienes realizan trabajos e intervenciones en sitios patrimoniales, incluyendo propietarios, administradores y custodios.

- Artículo 1: define términos necesarios para comprender la carta.
- Artículo 2 al 13: establece los principios de conservación del patrimonio y su significación cultural.
- Artículo 14 al 25: Procesos de conservación.
- Artículo 26 al 34: Práctica de Conservación.

## El Proceso de la Carta de Burra

Secuencia de investigaciones, decisiones y acciones

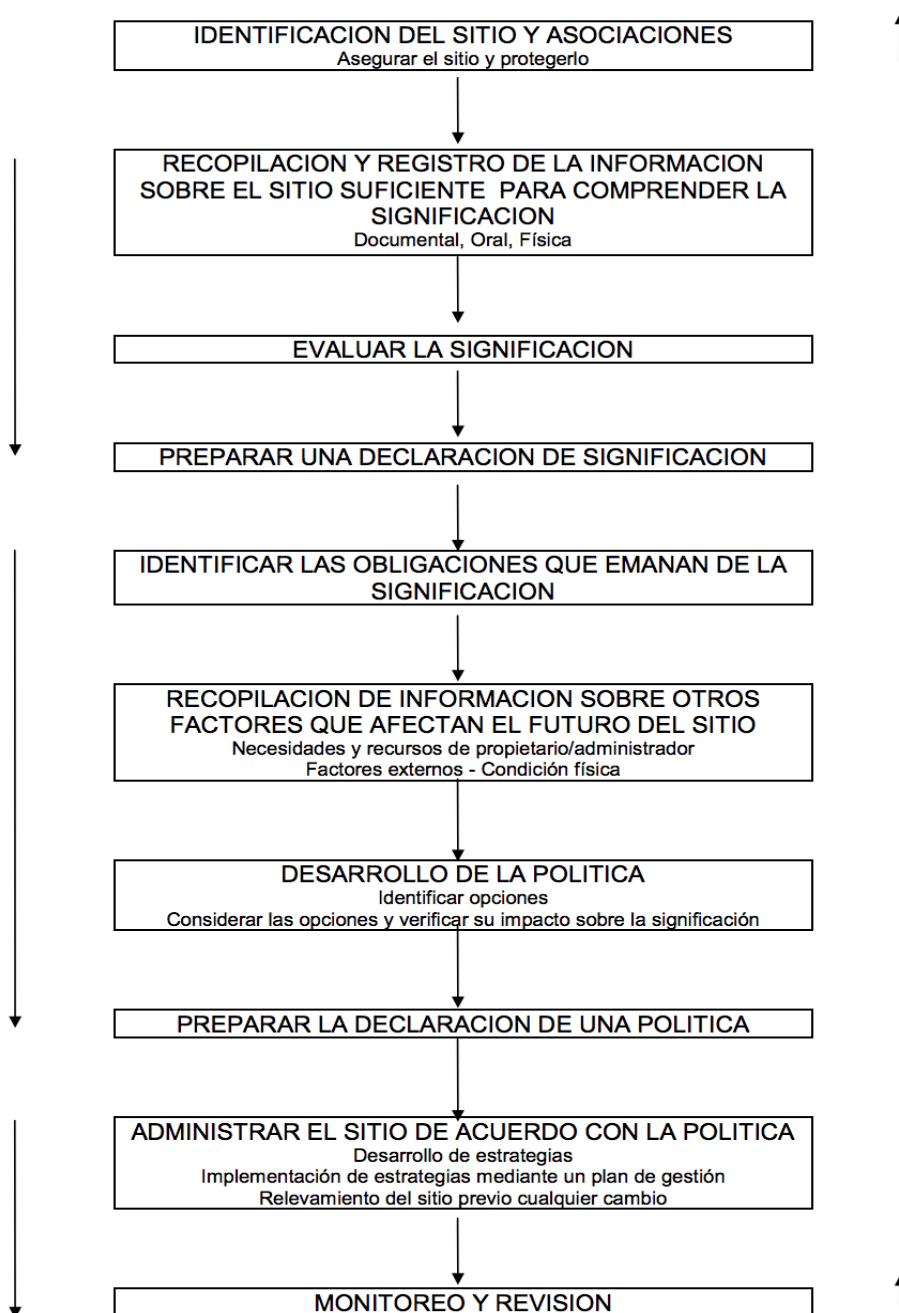


Ilustración 40 - El proceso de la Carta de Burra

## **DOCOMOMO – Declaración de Eindhoven-Seoul 2014**

“DOCOMOMO” es una organización sin fines de lucro dedicada a la documentación y la conservación de edificios, sitios y vecindarios de Movimiento Moderno.

Su objetivo:

- Traer a la atención del público la importancia de la arquitectura del Movimiento Moderno, las autoridades, los profesionales y la comunidad educativa.
- Identificar y promover el levantamiento de las obras del Movimiento Moderno.
- Promover la conservación y (re) uso de edificios y sitios del Movimiento Moderno.
- Oponerse a la destrucción y desfiguración de obras significativas.
- Fomentar y difundir el desarrollo de técnicas y métodos de conservación apropiados y reutilización adaptable.
- Atraer fondos para la conservación de la documentación y (re) uso
- Explorar y desarrollar nuevas ideas para el futuro de un entorno construido sostenible basado en el pasado experiencias del Movimiento Moderno.

En la actualidad, DOCOMOMO International incluye 69 capítulos y más de 3.000 miembros en Europa, América, Asia, Oceanía y África.

## **Legislación Nacional Para la Protección de Monumentos Patrimoniales**

En el país existen documentos legales, con carácter de ley, los cuales brindan herramientas jurídicas para la protección y conservación de monumentos, bienes patrimoniales inmuebles y no tangibles. Todo aquel que quiera realizar alguna intervención en un bien patrimonial debe estar al tanto de las normativas vigentes, ya que en ellas están las limitantes de acción en cuanto a trabajos de registro, conservación, restauración y reciclaje.

Uno de los principales avances en materia legislativa con relación a la conservación y restauración de los bienes patrimoniales en Guatemala fue la creación del Instituto de Antropología e Historia (IDAEH). IDAEH fue creado durante el gobierno de Juan José Arévalo mediante el Acuerdo Gubernativo No.26-46 del 23 de febrero de 1946. En la actualidad forma parte del Ministerio de Cultura y Deportes.

El 23 de febrero de 1946, Durante el gobierno de Juan José Arévalo, y mediante el Acuerdo Gubernativo No.36-46, fue creado el Instituto de Antropología e Historia (IDAEH). Este es un organismo científico del gobierno de Guatemala encargado de la protección y mantenimiento de sitios históricos y arqueológicos de Guatemala, monumentos, artefactos, y otros aspectos del patrimonio cultural de la nación, así como el fomento de estudios históricos, etnográficos y folclóricos. Sus dependencias incluyen el Centro de Restauración de Bienes Muebles (CEREBIEM), Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (DECORBIC) y la biblioteca del IDAEH.



DECRETO 425 : Protección Y Conservación De Los Monumentos, Objetos Arqueológicos, Históricos Y Típicos

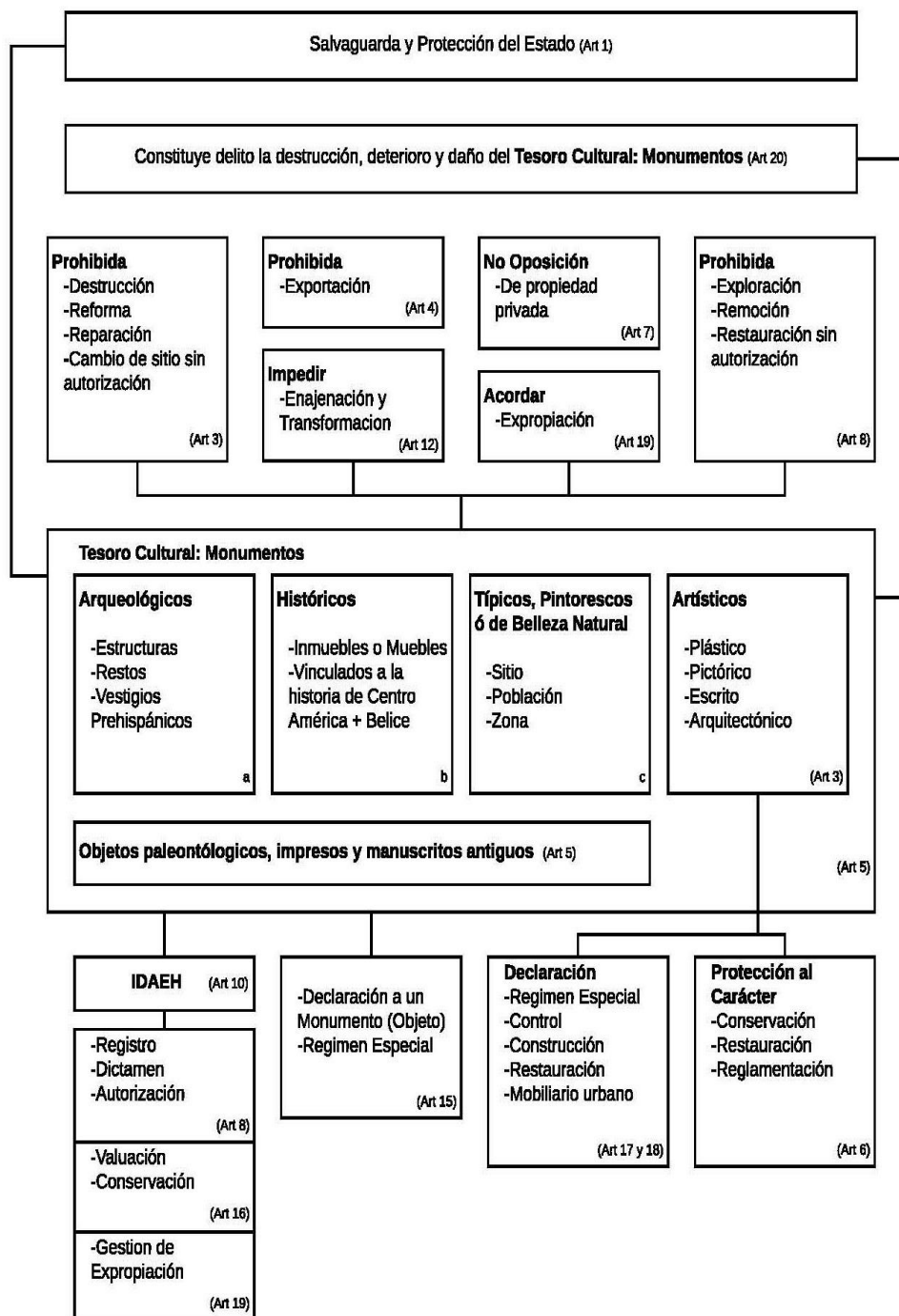


Ilustración 41 Diagrama de resumen de legislación en materia de Patrimonio Cultural en Guatemala, Elaborado por la Dr. Brenda Porras para el curso de Conservación de Monumentos de Facultad de Arquitectura de la Universidad San Carlos de Guatemala



## Contexto del Lugar

---





## **República de Guatemala**

Su nombre proviene del *náhuatl*: *Quauhtlemallan*, que significa “lugar de muchos árboles”. Situada en Centroamérica, Guatemala es un país con una pequeña extensión territorial. Sin embargo, es un país con una gran variedad climática. Siendo uno de los países con mayor cantidad de microclimas en el mundo. Dos terceras partes del territorio están conformadas por un relieve montañoso, las cuales en su mayoría tienen un origen volcánico. Este relieve va desde el nivel del mar hasta los 4220 metros sobre ese nivel. El país limita al Oeste y al Norte con México, a Sureste con Belice y el golfo de Honduras, al Suroeste con Honduras y El Salvador y al Sur con el Océano Pacífico. La extensión territorial total es de 108,889 km<sup>2</sup>.

Según el censo Nacional del año 2002, Guatemala tiene una población de 111237,196 habitantes, que se divide en 48.9% hombres y 51.1% mujeres. El idioma oficial es el español, aunque existen veintitrés idiomas mayas, los idiomas xinca y garífuna.

## **Departamento de Guatemala**

El Departamento de Guatemala se encuentra situado en la región I o región Metropolitana, su cabecera departamental es Guatemala, limita al Norte con el departamento de Baja Verapaz; al Sur con los departamentos de Escuintla y Santa Rosa; al Este con los departamentos de El Progreso, Jalapa y Santa Rosa; y al Oeste con los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango. Cuenta con una extensión territorial de 2,253 kilómetros cuadrados. Y está dividida en diecisiete municipios.

## **Municipio de Guatemala – Ciudad Capital**

El municipio de Guatemala es a su vez, la cabecera departamental, municipal y la ciudad capital de la República, se encuentra situado en la parte central del departamento, en la Región I o Región Metropolitana. Su nombre oficial es Nueva Guatemala de la Asunción, es la capital y sede de los poderes gubernamentales de la República de Guatemala, así como sede del Parlamento Centroamericano. Limita al Norte con los municipios de Chinautla y San Pedro Ayampuc (Guatemala); al Sur con los municipios de Santa Catarina Pinula, San José Pinula, Villa Canales, San Miguel Petapa y Villa Nueva (Guatemala); al Este con el municipio de Palencia (Guatemala); y al Oeste con el municipio de Mixco (Guatemala). Cuenta con una extensión territorial de 228 kilómetros cuadrados, de los cuales 80 km. corresponden a la ciudad capital, incluyendo sus colonias; y se encuentra a una altura de 1,498.89 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado.

## Localización

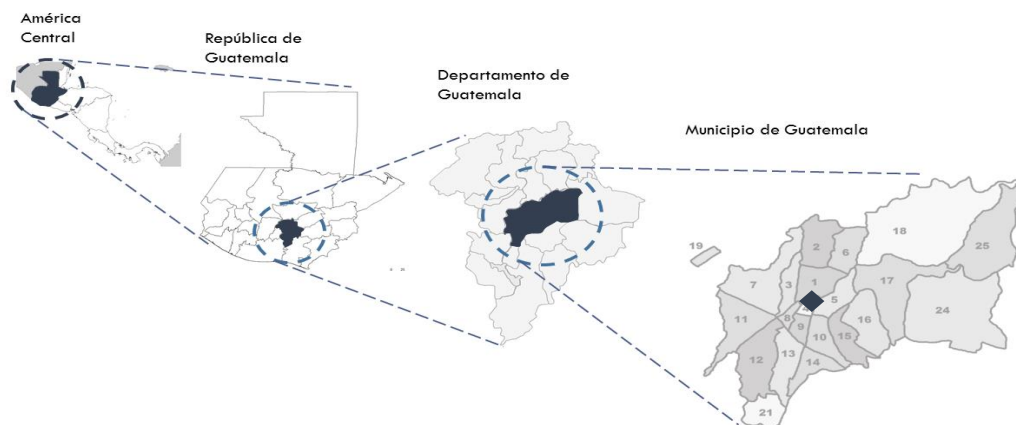


Ilustración 42 Mapa de ubicación municipio de Guatemala

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

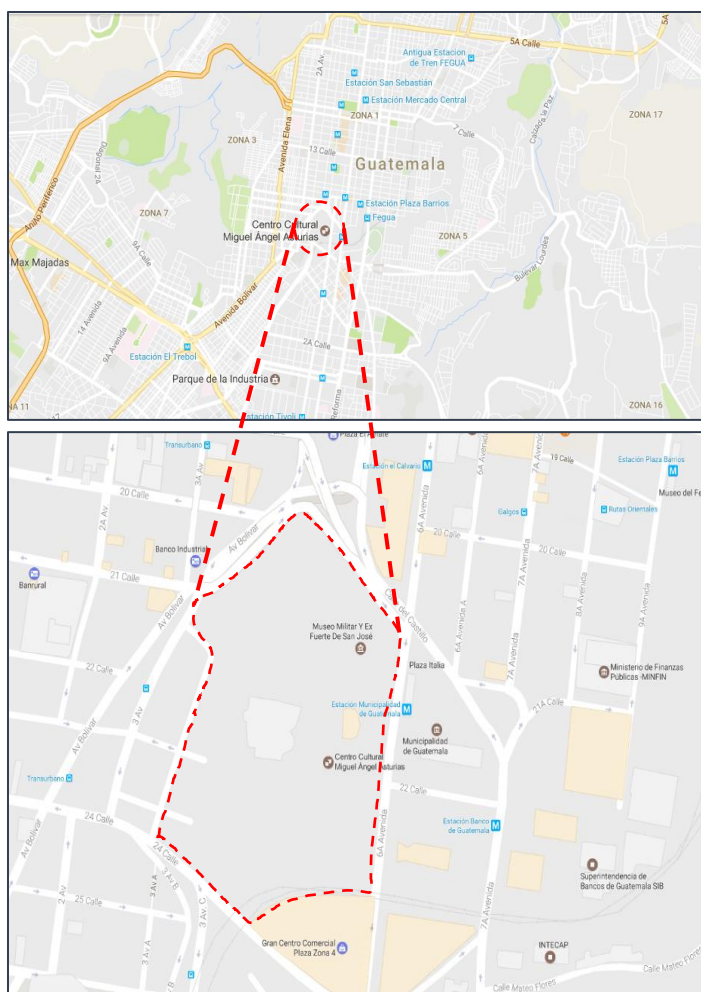


Ilustración 43 Ubicación del CCMAA

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

La República de Guatemala pertenece a la región mesoamericana. El país está dividido en veintidós departamentos. La capital del país, en el departamento de Guatemala, se divide en 17 municipios.

La extensión territorial total de la Ciudad Capital es de 692 km<sup>2</sup>. Según el censo del 2012, la población total es de 2,149,107 habitantes, con una densidad poblacional de 4,722.76 hab/km<sup>2</sup>.

El Centro Cultural “Miguel Ángel Asturias” se ubica en la zona 1 colindando con la zona 4. En la cima de la colina de San José. Y forma parte del centro cívico de la capital.

## Caso de Estudio

---







## Registro del CCMAA por medio de fotografías.

El registro de la fachada de artistas se realizó el día martes catorce de febrero de 2017 a las nueve horas. Se registraron más de cuatrocientos fotogramas útiles para realizar la reconstrucción virtual del teatro por medio del software ReCap de Autodesk.

Se realizó bajo el siguiente procedimiento:



### Equipo fotográfico utilizado

Para la primera prueba se utilizó un teléfono celular marca Apple, modelo iPhone 6S. Este dispositivo posee una cámara de 12 MP con HDR automático para fotos, control de exposición, apertura de  $f/2.2$ , lente de cinco elementos, zoom digital de 5x, filtro híbrido IR, sensor de iluminación posterior, cubierta del lente de cristal de zafiro estabilización automática de imagen mapeo de tonos localizado, reducción de ruido y geolocalización de fotos.



*Ilustración 44 Teléfono celular marca Apple, modelo 6S*

Fuente: Apple

Para las pruebas 2, 3 y 4 las fotografías fueron capturados por medio de un cuadricóptero no tripulado modelo *Phantom 4* de la marca DJI (ver figura 24). La aeronave tiene un rango de alcance de cinco kilómetros, un tiempo de vuelo de 28 minutos, una velocidad máxima de 7.2 km/h, un estabilizador de tres ejes para la cámara, y dos sensores frontales para evitar colisiones. El drone

posee una cámara con sensor CMOS  $\frac{1}{2.3}$ " de 12.4 megapíxeles, un lente formato de 35 mm y f/2.8.

La aeronave se enlaza con al menos dos satélites para poder establecer su georreferencia y mantener un vuelo estable. Con el posicionamiento satelital también se hace posible el definir rutas de vuelo que el drone pueda seguir de manera automática.



*Ilustración 45 Drone Phantom 4*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

## Proceso de trabajo

---





## Toma de fotografías

Se realizaron diferentes pruebas para establecer cuál es la mejor manera de fotografiar un edificio para realizar una reconstrucción fotogramétrica digital y con diferente equipo fotográfico para determinar la calidad que se puede obtener de los elementos escaneados con equipo fotográfico profesional o de uso comercial.

## Autodesk ReCap

Una vez que se ha realizado todo el trabajo de campo en cuanto a las capturas fotográficas, es momento de llevar toda la información a un procesamiento digital utilizando el software Autodesk ReCap. Al momento de abrir el programa en una computadora, se debe seleccionar la opción “photo Project” tal como se indica en la figura 33 con una flecha roja. Seleccionando esta opción automáticamente se abre el navegador de internet en la página de Autodesk ReCap Photo, ya que todo el procesamiento de imágenes se realiza en la nube.

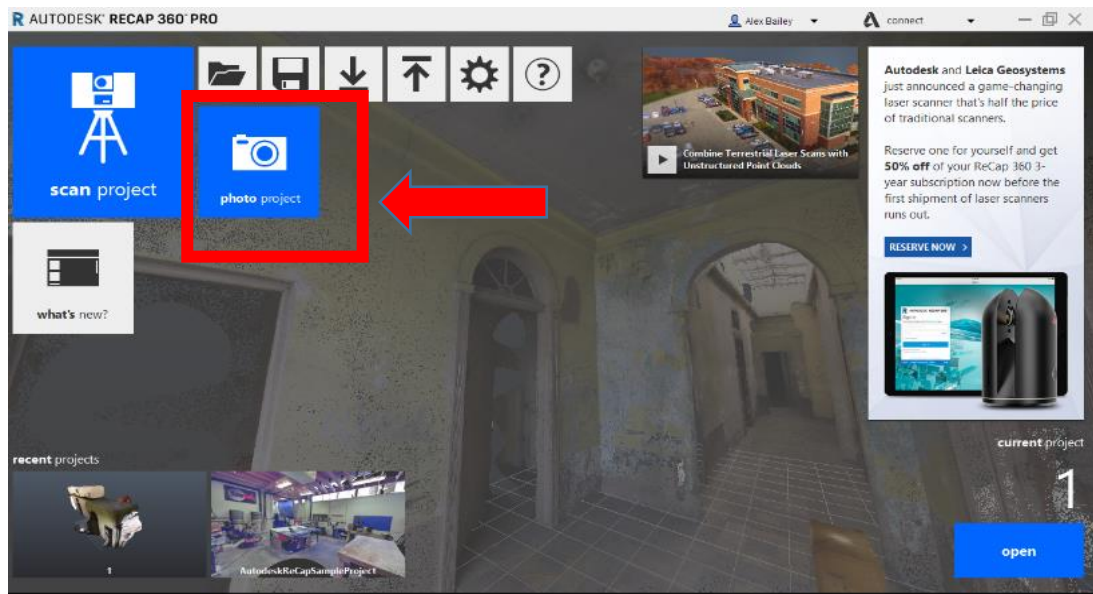
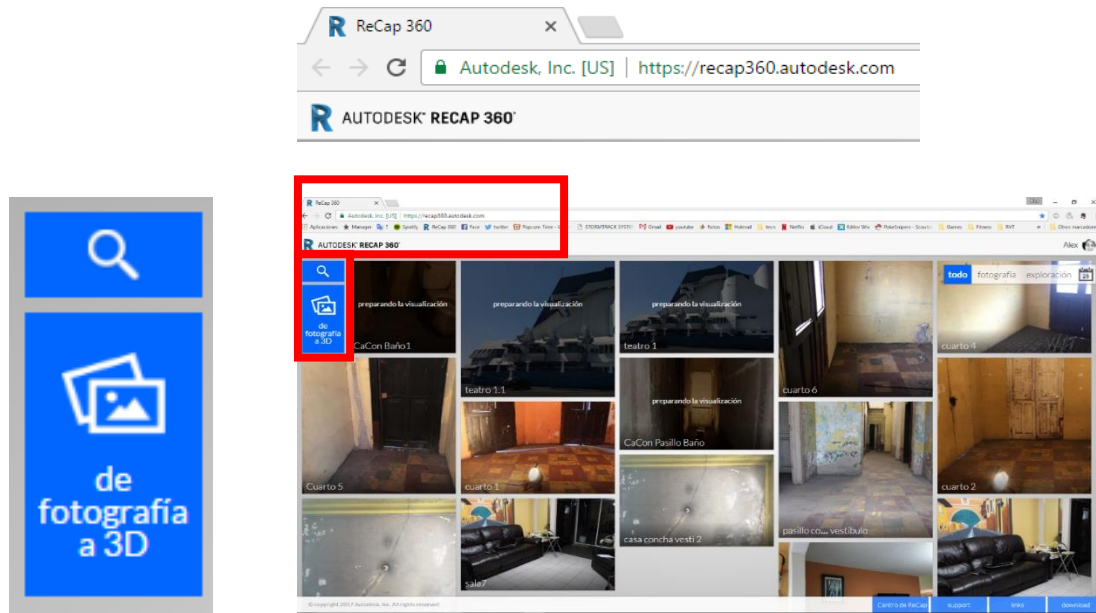


Ilustración 46 Pantalla inicial de Autodesk ReCap

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

La ventana del navegador de ReCap Photo se ve como la ilustración 13, en este paso se debe seleccionar la opción que dice “de fotografía a 3D. al hacer esto, se mostrará una ventana que indica que hay que seleccionar las fotografías que se desean procesar para una misma escena. En caso de tener varios puntos escaneados de un mismo objeto, se debe repetir este proceso para cada escena. En esta ventana también está la librería de proyectos que uno ha realizado, el programa automáticamente ordena una cuadrícula con y cada uno es un proyecto diferente, se puede ordenar los archivos por nombre o por fecha de creación.



*Ilustración 47 Autodesk ReCap 360, creación de un nuevo proyecto*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

La carga de fotografías se subdivide en tres sencillos pasos tal como se muestra en la ilustración.

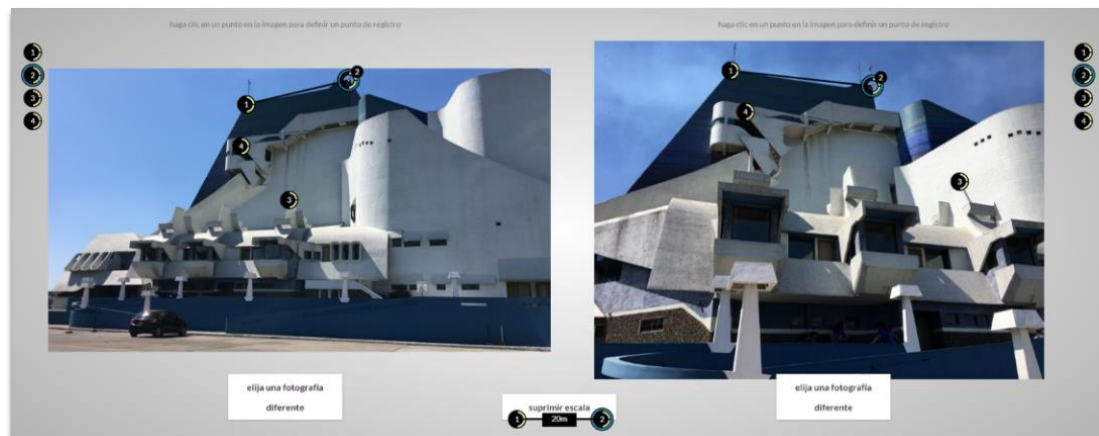
1. Seleccionar las imágenes buscando la carpeta donde se han guardado o si se tiene abierta la carpeta en una ventana diferente, es posible seleccionar todas las imágenes y arrastrarlas con el mouse hacia el área de ReCap Photo que dice “añadir fotografías”.



*Ilustración 48 Agregar fotografías al proyecto*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

2. Revisión fotográfica en la cual se puede establecer una medida de referencia para darle una escala al modelo (se trabaja con el metro como unidad de medida). También se pueden asignar puntos de referencia para indicarle al programa como procesar las imágenes,

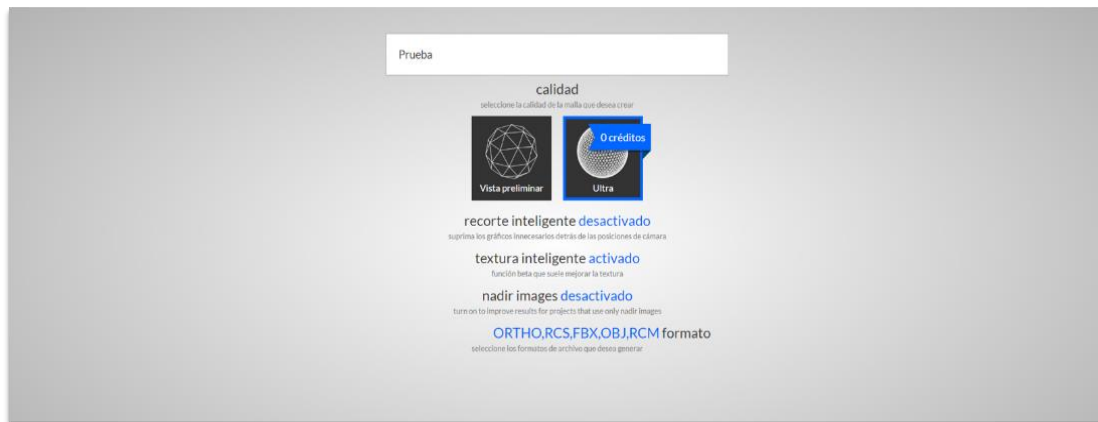


*Ilustración 49 Revisión de fotografías*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

cada punto de referencia puede estar ubicado en 4 fotografías diferentes.

3. Asignar nombre al proyecto. Posteriormente se tiene la opción de procesar una vista preliminar que restringe los formatos de exportación, o una vista en calidad *ultra* que demora mas tiempo, pero habilita todas las opciones disponibles. Se recomienda mantener desactivada la opción de recorte inteligente.

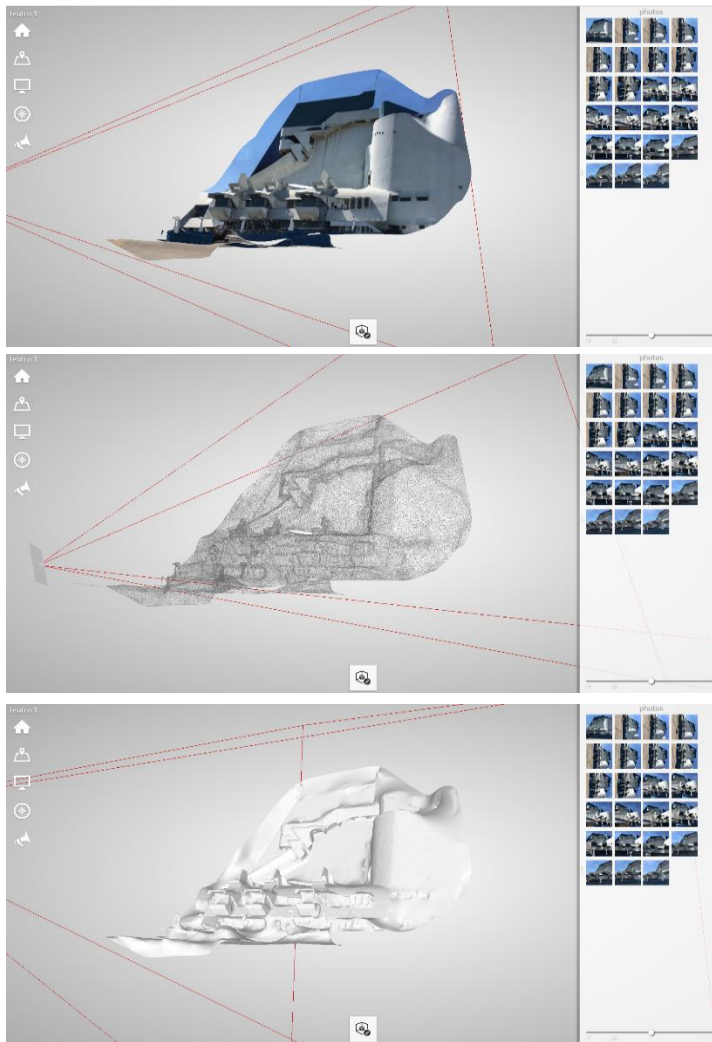


*Ilustración 50 Configuración del proyecto*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



## Revisión del modelo 3D



*Ilustración 51 Revisión del modelo en ReCap 360*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Una vez que se ha procesado el modelo, es posible hacer una revisión previa del modelo antes de descargarlo y continuar con el flujo de trabajo. Del lado derecho se pueden ver todas las fotografías que se han procesado, si alguna fotografía no fue posible procesarse, se identificará y se puede asistir al programa y agregar de manera manual, puntos de referencia a estas imágenes para que puedan procesarse con el modelo.

Existen tres maneras de visualización, se puede ver el modelo con todas sus texturas en una vista realista, es posible revisar el modelo en una vista de malla tridimensional y se puede eliminar la información de color y

analizar únicamente las geometrías y volumetrías del modelo. .

Colocando el cursor del mouse sobre cada imagen se puede ver una proyección de la posición en el espacio en que se realizó cada captura de fotogramas. Si se selecciona una imagen en concreto, el modelo automáticamente se alinea con la proyección de la fotografía para coincidir con la fotografía.

El modelo se puede orbitar completamente para ver todas las caras del objeto. Se puede rotar el objeto, girar sobre su propio eje, acercar o alejar y ajustar el modelo al tamaño de la pantalla.

Una vez que se está conforme con el tejido de imágenes en el proceso fotogramétrico y el modelo tridimensional cumple con los objetivos del proyecto. Es posible descargar el model en los diferentes formatos que permite exportar ReCap para continuar con el flujo de trabajo.

### Manipulación de la nube de puntos

Uno de los formatos más importantes que permite exportar Autodesk ReCap es el formato RCS, este formato puede importarse directamente a cualquier programa de modelado 3D, incluyendo los programas BIM y CAD para realizar trabajos de diseño y remodelaciones. Sin embargo, Autodesk ReCap ofrece una variedad de herramientas de visualización ideales para trabajos de análisis y diagnósticos. El programa permite depurar la información, si el tejido fotográfico procesó elementos que no son propiamente parte del objeto arquitectónico, esto se puede seleccionar y eliminar para limpiar el modelo. Existen tres maneras de seleccionar secciones del modelo para este cometido. Como se puede ver en la ilustración 16. La manera de seleccionar puede ser en modo de *ventana* creando un espacio rectangular de selección, una forma libre y selección por planos de profundidad.



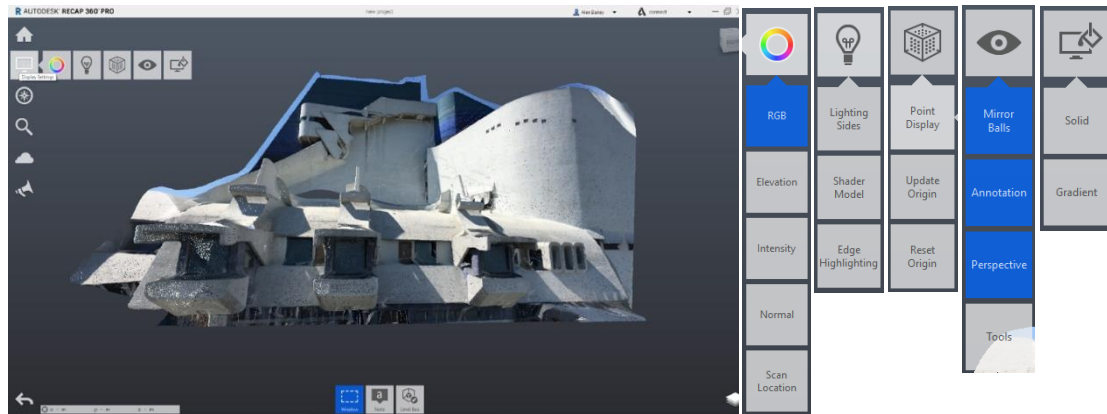
Ilustración 52 Herramienta de selección

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

### Herramientas de análisis en ReCap

El software ofrece una amplia variedad de instrumentos de análisis de los modelos generados a partir de una nube de puntos. Estas herramientas permiten la visualización realista del modelo 3D con textura de color e iluminación natural. Información de elevación de puntos (útil para trabajos de topografía), Intensidad de los planos, visualización vectorial de la normal de los puntos que conforman el modelo y ver los puntos de escaneo referenciados en caso de usar un láser 3D especializado.

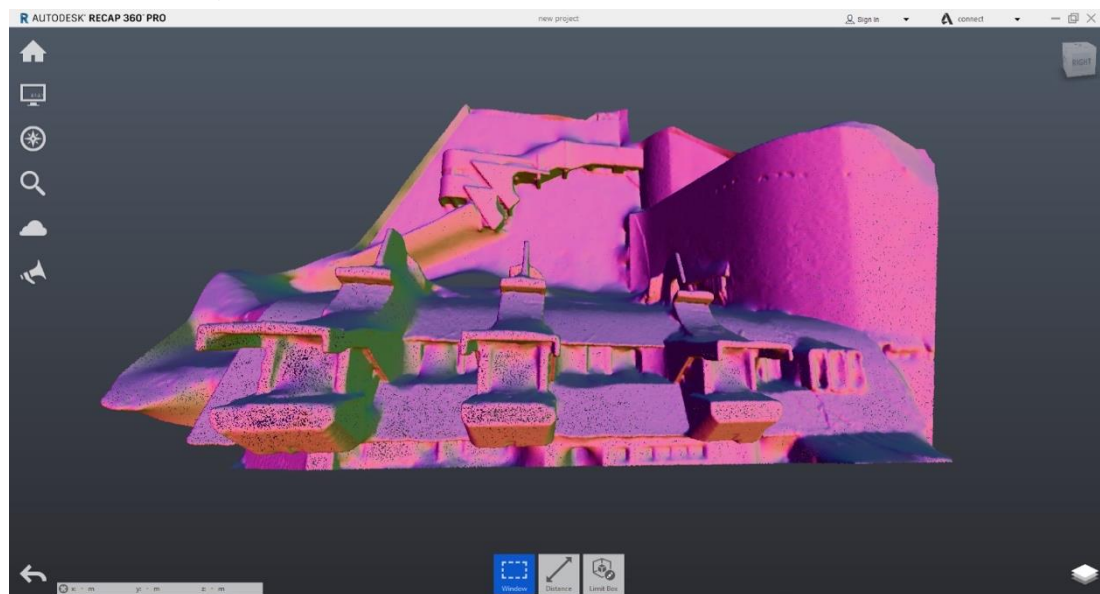
La información de iluminación se puede modificar y hacer resaltar detalles que no son perceptibles a simple vista en el modelo tridimensional. El programa también permite hacer anotaciones directamente sobre el modelo y compartirlo con otros colaboradores del proyecto.



*Ilustración 53 Herramienta de visualización*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

El análisis de superficies mediante la distinta coloración de las superficies de acuerdo con la normal de la superficie de los puntos que conforman la nube, dando cuerpo al modelo 3D, es una herramienta que permite diferenciar los pequeños relieves en las superficies que, en las inspecciones visuales, no son fácilmente perceptibles. Esto enriquece la información disponible al momento de realizar diagnósticos de daños y alteraciones en las construcciones.



*Ilustración 54 Coloración de puntos según la dirección de la normal de superficie*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

## ReCap Photo

A diferencia de ReCap que trabaja con una nube de puntos, ReCap Photo trabaja con una malla poligonal o *mesh 3D*. Al convertir las superficies del modelo en triangulaciones es posible tener una información más detallada del objeto escaneado, analizando sus superficies como un sólido.

Para continuar el flujo de trabajo desde ReCap, es posible crear un nuevo proyecto en ReCap Photo importando un archivo desde el equipo local o iniciando sesión en la cuenta de Autodesk 360 para acceder a todos los archivos de la nube como se muestra en la ilustración 19.

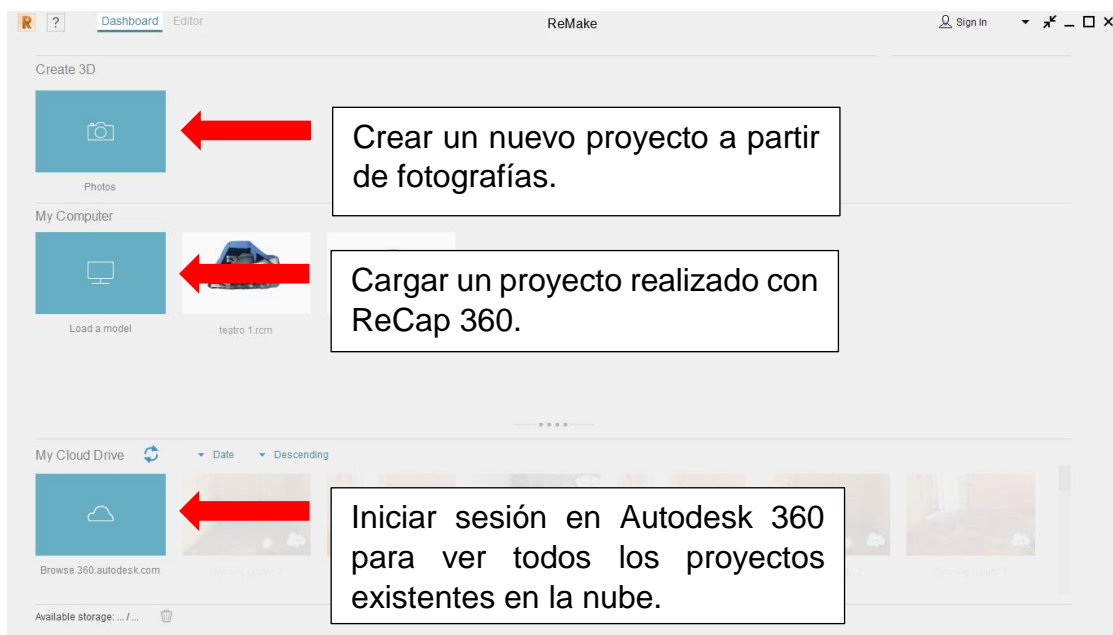


Ilustración 55 Ventana inicial de Autodesk ReCap Photo

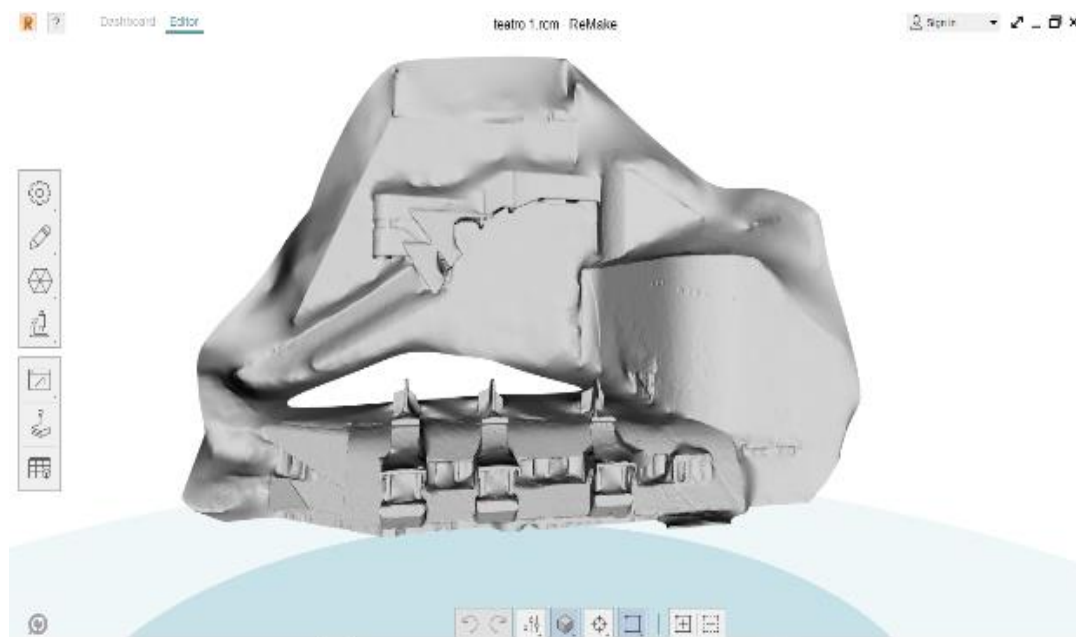
Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

ReCap Photo con herramientas de visualización y análisis formal al igual que ReCap. Estas consisten en vistas realistas del modelo, eliminación de color y textura del modelo para tener una mejor comprensión de la volumetría del objeto, haciendo énfasis en las superficies y todas las características físicas.



*Ilustración 57 Vista realista*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 56 Vista de sólido sin textura*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017





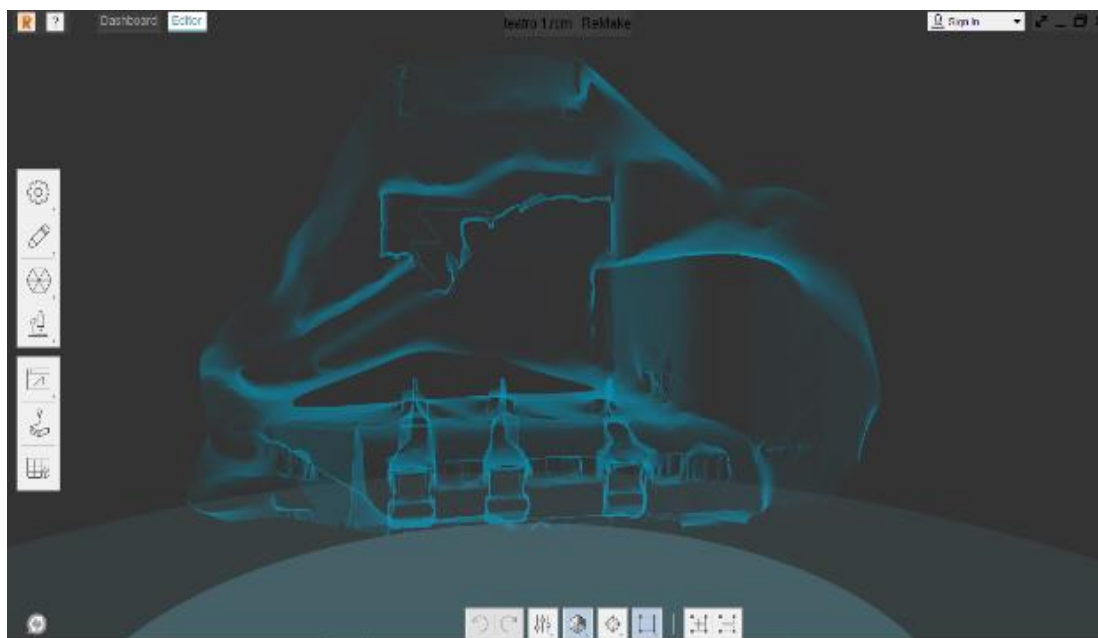
*Ilustración 58 Vista de mesh*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 59 Vista de mesh con textura de color*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 60 Vista de Rayos X*

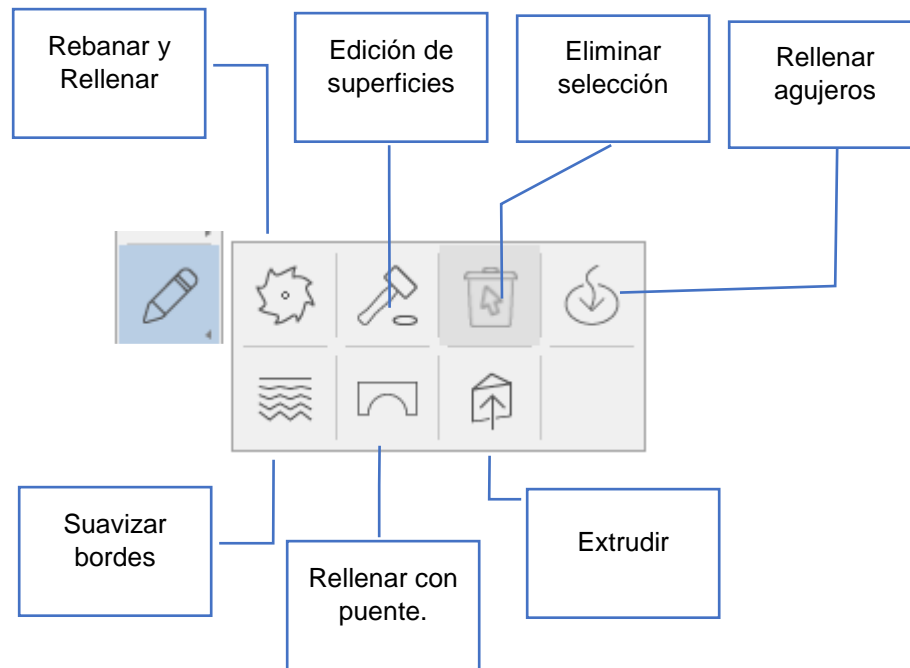
Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

### Edición del modelo.

Si bien el objetivo de la captura de realidad por medio de los procesos de fotogrametría tiene como objetivo principal la veracidad de información de los modelos, en algunos casos, el programa de tejido fotográfico puede interpretar de manera no precisa algunos puntos de los objetos escaneados. Sin embargo, Autodesk ReCap Photo posee algunas herramientas básicas de edición que permiten realizar algunas correcciones menores para que el modelo sea lo más parecido a la realidad. Estas herramientas se ejemplifican en la figura 48.

- Rebanar y rellenar: permite realizar cortes de sección en los objetos y se puede cerrar el mesh de manera automática. Esta herramienta es útil para detallar la base de un objeto.
- Edición de superficies: su función es suavizar superficies en caso el modelo presente irregularidades que no forman parte de las características reales del modelo.
- Eliminar selección: depura todo lo que no pertenece propiamente al modelo.
- Rellenar Agujeros: si el modelo presenta huecos en la malla poligonal, estos se pueden corregir con esta herramienta.
- Suavizar bordes: se utiliza para afinar las aristas de los objetos escaneados.

- Rellenar con puente: permite corregir el mesh de los modelos uniendo polígonos separadas por un espacio vacío.
- Extrudir: permite crear volúmenes o reducir relieves mediante una brocha para crear superficies uniformes.



*Ilustración 61 54 Herramientas de edición ReCap Photo*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

### Vistas Ortogonales

Una de las principales características es la posibilidad de crear imágenes ortogonales a partir del modelo 3D del escaneo fotográfico. Tomar directamente una fotografía ortogonal de un edificio o un objeto de grandes dimensiones implica una serie de complicaciones tecnológicas y logísticas y no es posible realizar estas tomas en todas las situaciones. El software resuelve estos inconvenientes y permite eliminar la perspectiva natural del modelo y crear imágenes ortogonales desde cualquier ángulo. Estas imágenes pueden ser importadas en cualquier software CAD y poder realizar dibujos 2d detallados. En la figura 49 se indica donde encontrar esta opción.



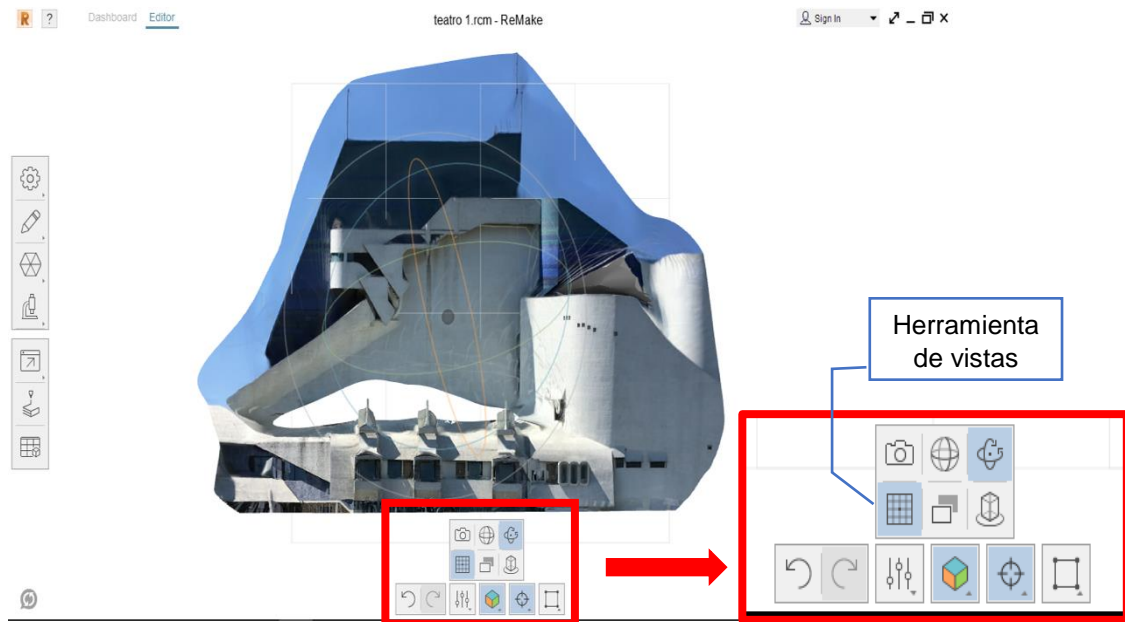


Ilustración 63 Creación de vistas ortogonales

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

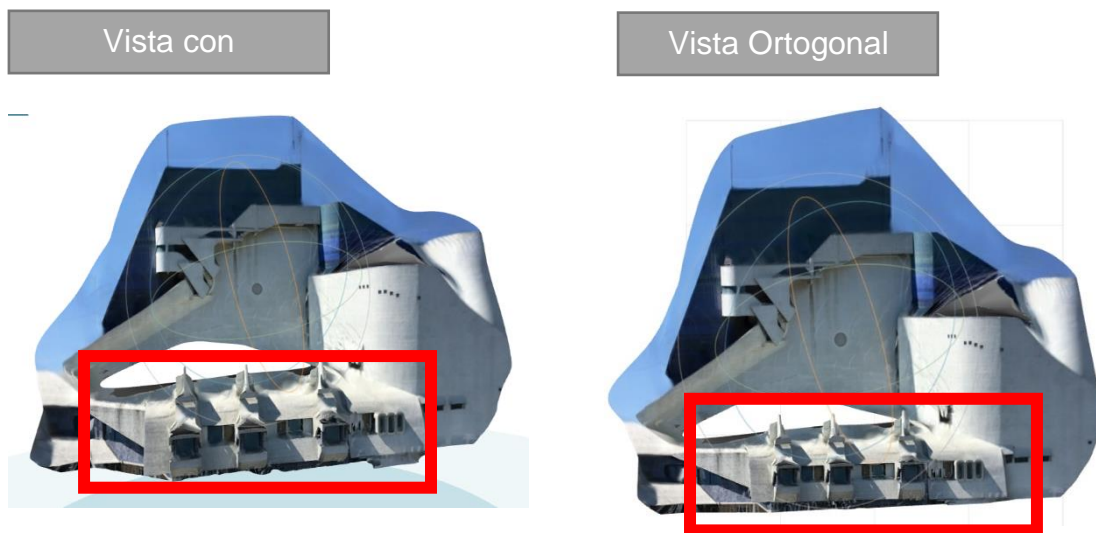


Ilustración 62 Comparación de imagen con perspectiva y ortogonal

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

- En la imagen de la izquierda se puede ver como como la perspectiva afecta la proyección de las ventanas resaltadas en la ilustración 23. En la imagen de la derecha se puede ver que la proyección ortogonal hace que no exista ninguna variación de visualización en la misma zona resaltada.

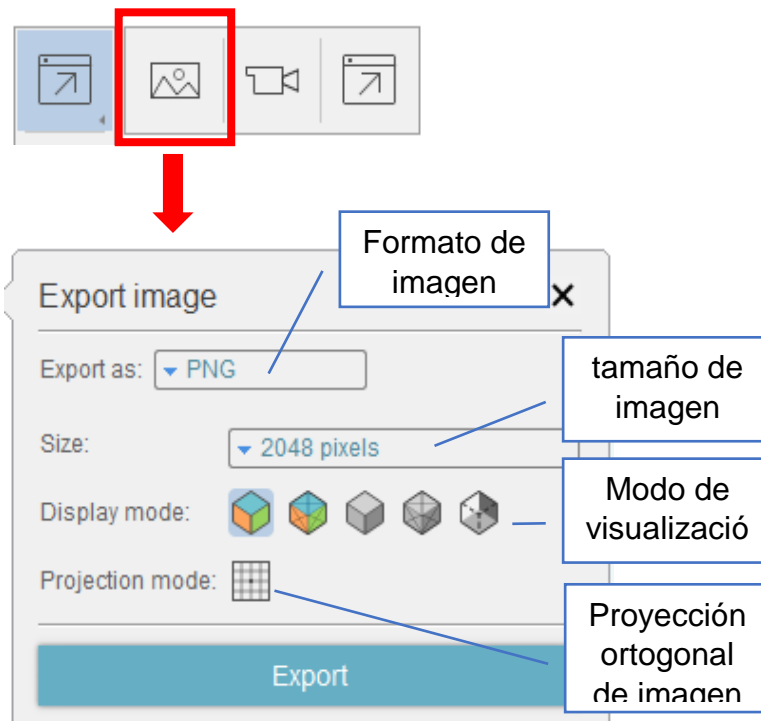
Creación de Recorridos Virtuales y exportación de imágenes.

*Exportar una imagen del modelo virtual.*

Las imágenes que se exportan del proyecto pueden ser de cualquier perspectiva del modelo. Las imágenes se exportan en formato PNG y la densidad de pixeles van desde 1024 hasta 8192.

La manera de visualización de imagen puede ser

- Vista Realista
- Vista Realista con mesh 3D
- Vista de solido sin textura.
- Vista sin textura con mesh 3D
- Vista de rayos X



*Ilustración 64 Menú de exportación de imágenes*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Otra de las principales características de esta función es la posibilidad de eliminar la perspectiva natural del modelo desde la opción de exportar imágenes, si esto no se había activado desde los modos de visualización del programa.

### Exportar un recorrido del modelo virtual.

Al igual que la exportación de imágenes, el programa ofrece la posibilidad de crear recorridos virtuales por el modelo con los mismos modos de visualización de vista realista, mesh 3D, solido, y rayos X. El video puede tener una duración mínima de 10 segundos y una duración máxima de 60 segundos. La resolución se puede definir en 720p, 1080p y 4k.

Existen dos maneras posibles de realizar el recorrido virtual, la primera es la más sencilla y básica. Consiste en hacer girar el modelo sobre su propio eje. La segunda es más complicada pues se tiene la libertad de orbitar el modelo de cualquier manera posible. Su complicación radica en la necesidad de definir *keyframes*, esto se traduce en sincronizar el movimiento del modelo con los fotogramas del video.

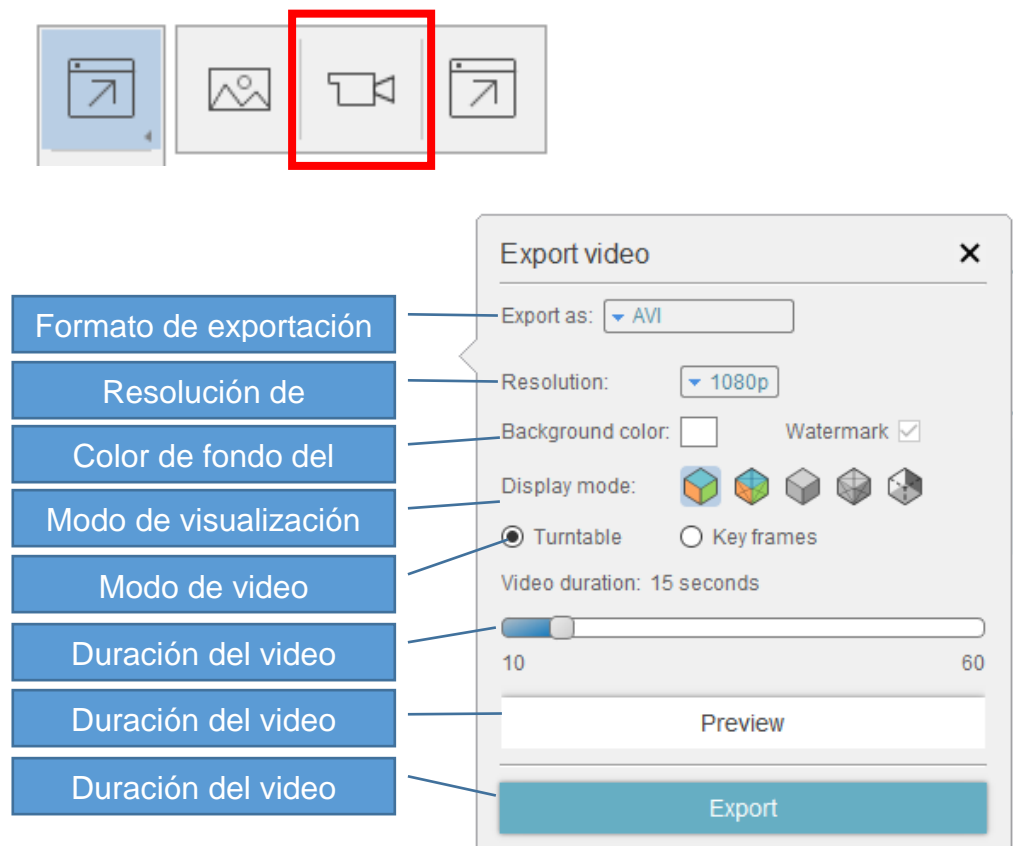


Ilustración 65 Menú de exportación de videos

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



## Ensayos con diferente equipo fotográfico



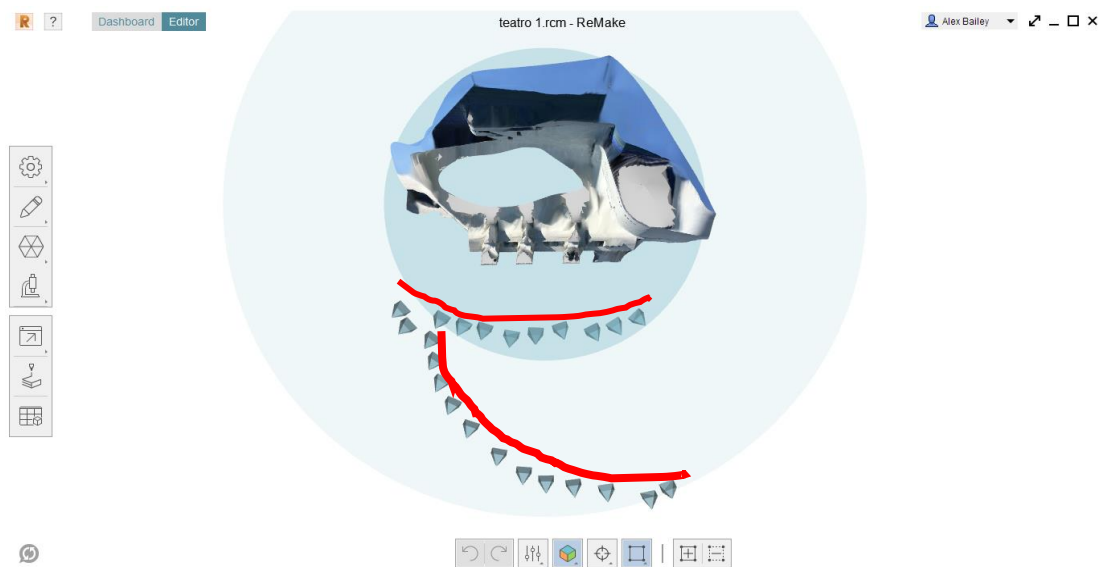


## Aplicación con dispositivo móvil.

La primera prueba se realizó fotografiando el edificio con un celular Apple iPhone, modelo 6S. Los fotogramas se capturaron a nivel de tierra según se muestra en la figura. El modelo fue construido fotogramétricamente a partir de 23 fotografías, para determinar el número mínimo de fotogramas necesarios para realizar una reconstrucción virtual.

Esta fue una prueba rápida, no se tuvo mucho detenimiento en realizar una cantidad significativa de fotografías y únicamente se tienen capturas a nivel terrestre, siguiendo dos recorridos diferentes según se muestra en la figura 24. Se era consiente que las fotografías no mostrarían información del modelo en sus áreas más elevadas, ya que no se disponía de la posibilidad de realizar capturas aéreas. Sin embargo, la intención era lograr un buen nivel de detalle de los elementos que pudieran ser fotografiados sin mayor complicación.

Las líneas rojas, de la ilustración 66, muestran cómo se realizó el recorrido en el lugar para poder fotografiar el edificio. Los triángulos celestes representan la proyección de la cámara según la posición en la que se capturo cada fotograma.



*Ilustración 66 Proyección de fotogramas capturados con una celular marca Apple, modelo iPhone 6S.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

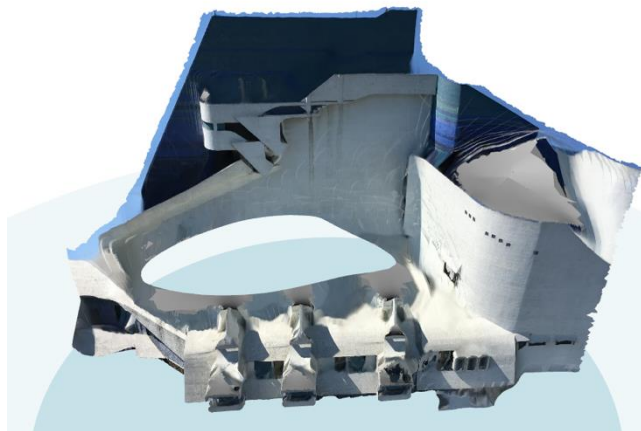
## Resultado

A pesar de haber realizado la prueba con un número muy cercano al mínimo de fotografías requeridas para realizar el tejido fotogramétrico en el software de ReCap Photo, el resultado obtenido es bastante satisfactorio. Considerando las limitaciones que se tuvieron intencionalmente en esta prueba, el resultado presenta un alto nivel de detalle y se hace evidente que, con una mayor cantidad de fotografías, el resultado puede llegar a ser muy prometedor. Sin embargo, en el escaneo de objetos grandes, como edificios, se tiene la limitante de la altura, ya que, si no se dispone de andamio o una manera de poder fotografiar el elemento de estudio desde una perspectiva aérea, la información de estas zonas no podrá ser procesada y, por lo tanto, el modelo virtual obtenido por medio del tejido fotogramétrico de imágenes estará incompleto como se muestra en la siguiente figura.



*Ilustración 67 Modelo virtual creado con fotos de un celular.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

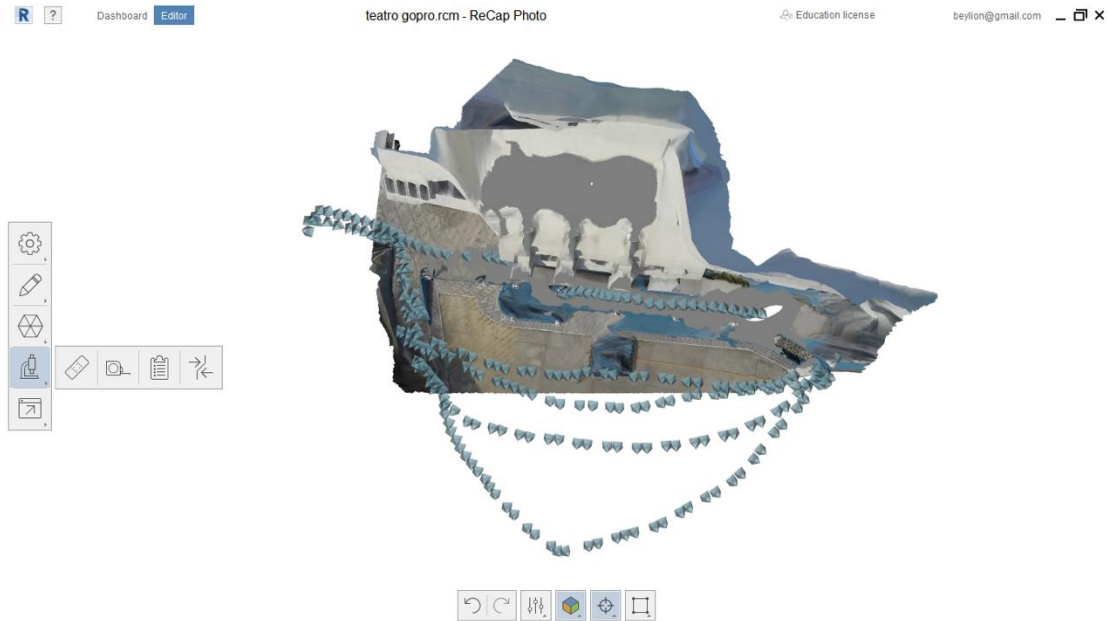


*Ilustración 68 Detalle de las zonas incompletas del modelo*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



## Aplicación con cámara de acción.



*Ilustración 69 aplicación con una cámara de acción*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Para esta prueba se utilizaron 250 fotogramas capturados con una cámara de acción GoPro Hero 4 Black. Las fotografías de esta cámara se caracterizan por su modalidad de gran angular o “superview”, dando como resultado, una fotografía con aberraciones angulares, deformando todas las líneas verticales.

La captura de los fotogramas se realizó a distintas distancias aleatorias del objeto de interés. Sin embargo, no fue posible realizar tomas aéreas.

## Resultado

La geometría del modelo no muestra las deformaciones de las líneas verticales en los fotogramas producto del efecto “ojo de pescado” por el modo de captura de gran angular que posee la cámara.

El motor de procesamiento del software logra interpretar la geometría correcta al tener varios fotogramas para comparar los puntos de referencia. Esto comprueba la capacidad que tiene ReCap Photo de procesar los puntos de referencia presentes en diferentes fotogramas y así construir un modelo con alta precisión.

Lo que no fue satisfactorio fue como el programa proceso las texturas del modelo. Estas son opacas y con bajo nivel de detalle y calidad.

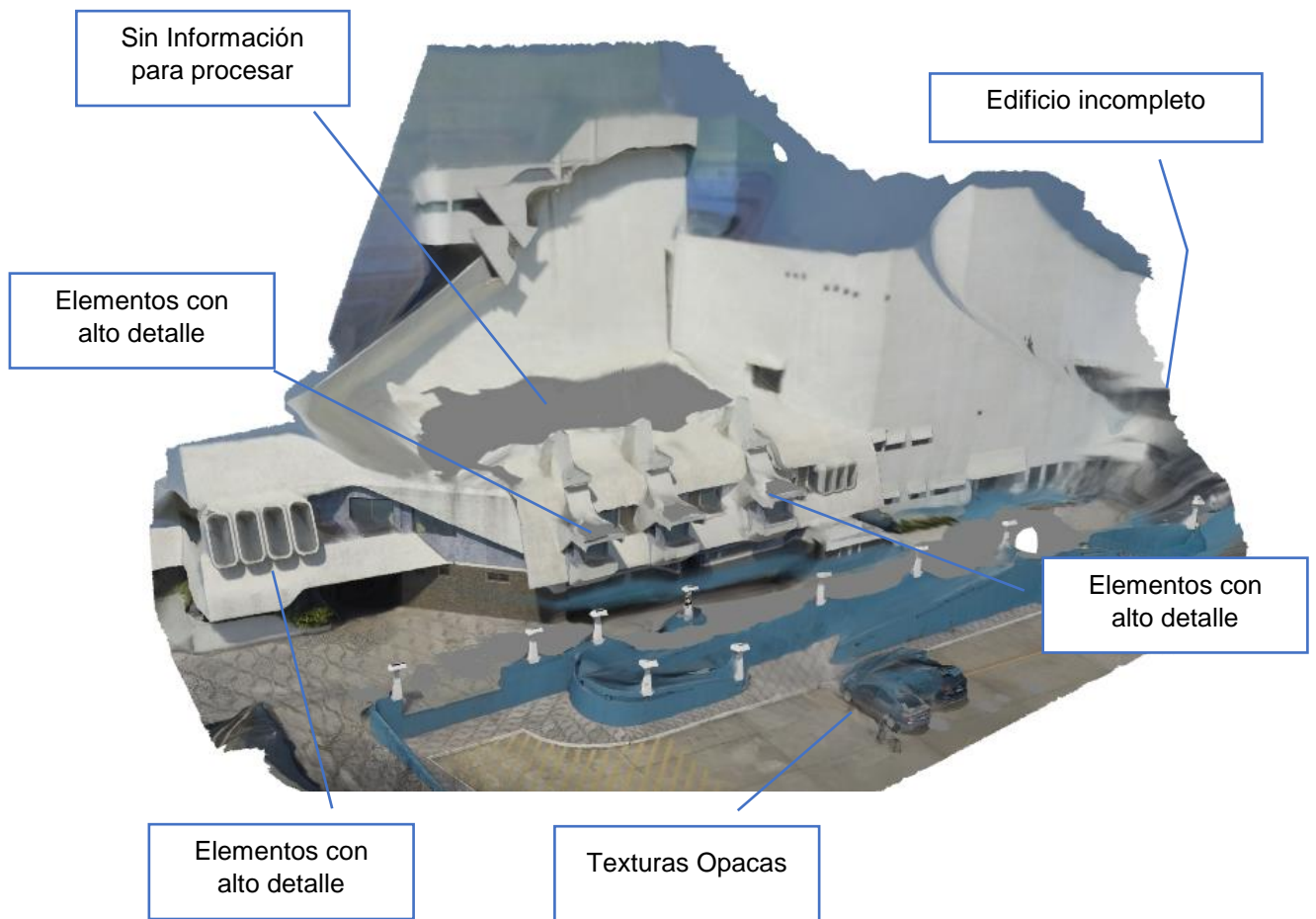
Al no tener fotogramas aéreos con esta cámara, no se pudieron procesar adecuadamente todas las formas del modelo.

Utilizar una cámara de acción puede resultar útil para capturar objetos pequeños enfocados en algún detalle en específico y no en un objeto grande compuesto por una gran cantidad de elementos en distintos planos.



*Ilustración 70 Vista en detalle de resultado de cámara de acción*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 71 Resultado de prueba con cámara de acción*

Fuente: Alejandro Bailey Leonardo, 2017

## Aplicación con Drone

### Prueba 1

La prueba se realizó fotografiando el edificio a manera de que cada fotograma fuera equidistante al edificio, a una distancia de 15 metros y así obtener una imagen ortogonal de la fachada lateral completa del CCMAA. Se realizaron capturas fotográficas en cinco elevaciones diferentes, con una separación horizontal aproximada de un metro entre cada fotografía (ver ilustración 25 y 26).



Ilustración 72 Esquema que indica la separación al edificio y la elevación del Dron.

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

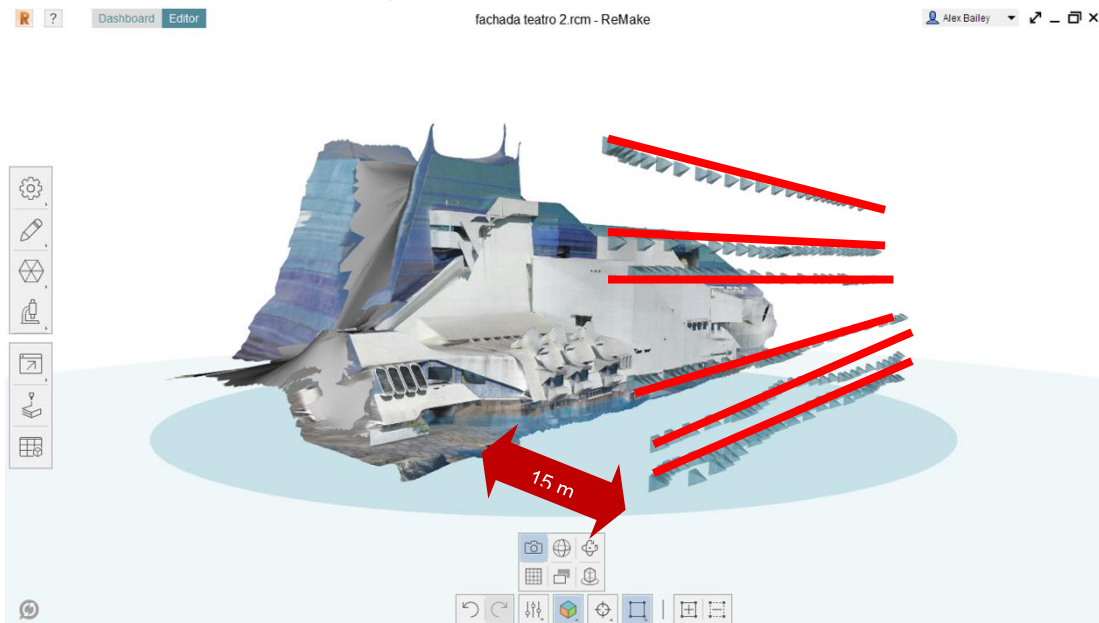
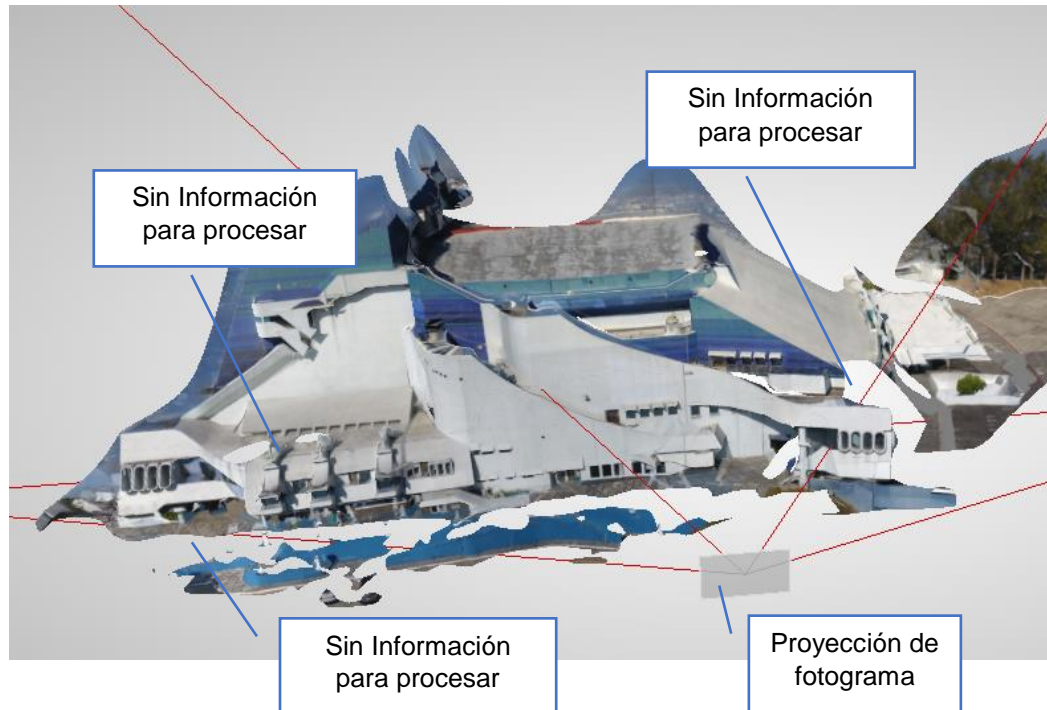


Ilustración 73 Las líneas rojas indican las alturas en las que se realizaron las fotografías y la separación del dron al edificio

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

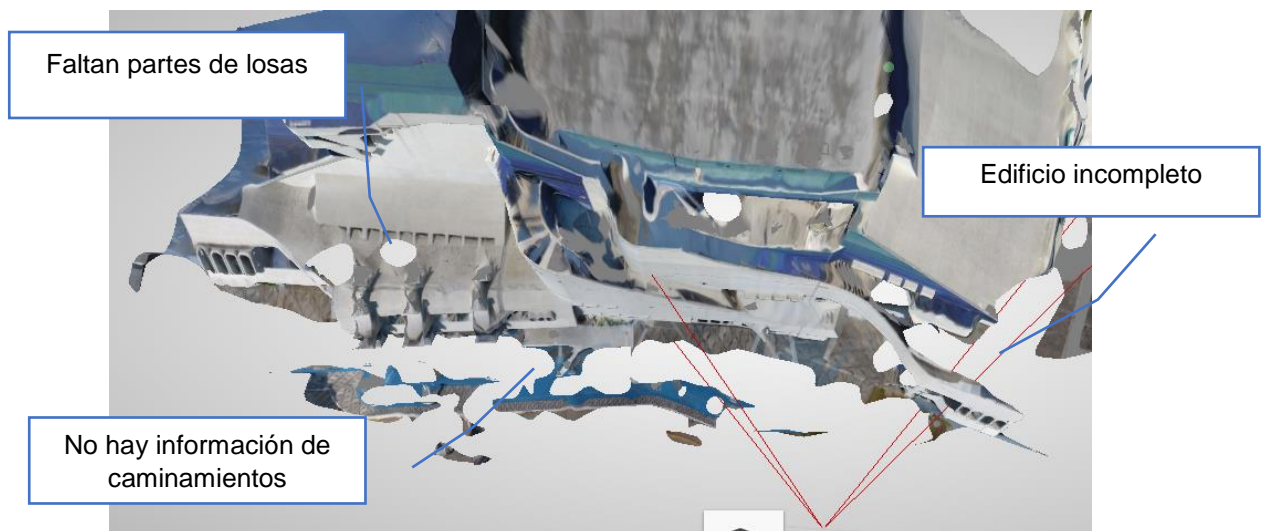
### Resultado.

El resultado obtenido fue bastante satisfactorio, aunque el hecho de mantener una misma perspectiva hizo que el modelo tuviera ciertas deficiencias ya que los algoritmos del software no pudieron procesar la información de la profundidad de planos y no hay información visual de las áreas que no se pueden fotografiar de esta manera. Para una mejor comprensión de este resultado, se muestra un análisis gráfico de las reconstrucciones virtuales en las figuras 74 y 75.



*Ilustración 75 Modelo 3D creado por ReCap a partir de fotografías equidistantes del objeto arquitectónico.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 74 Vista en planta del modelo, se muestra la falta de información visual para construcción del modelo completo.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



## Prueba 2

La prueba se realizó fotografiando el edificio con el drone a manera de que cada fotograma fuera proyectado en una diferente perspectiva y diferente distancia del edificio como se muestra al edificio, se realizaron 343 fotogramas que fueron depurados para poder realizar el tejido fotogramétrico con 250 imágenes ya que este es el límite del número de fotografías que admite actualmente ReCap Photo.

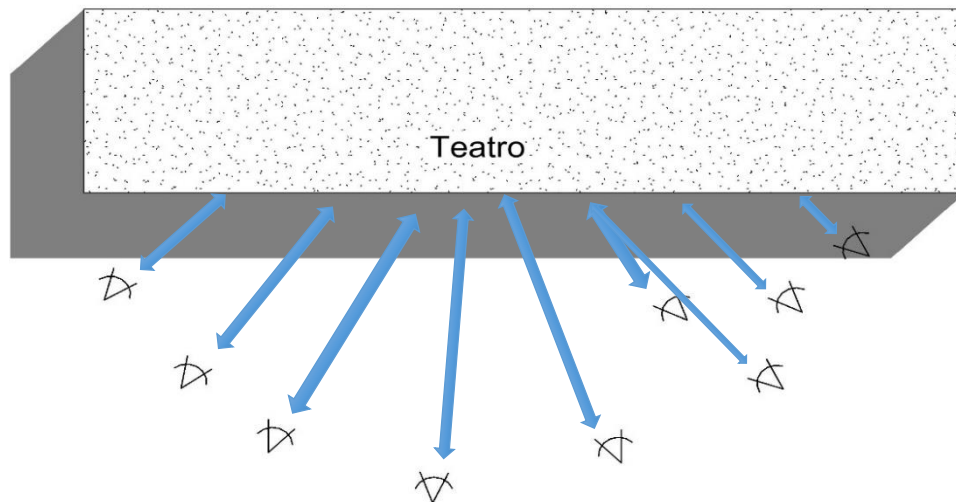


Ilustración 77 Captura de fotogramas en vista de planta esquemática

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

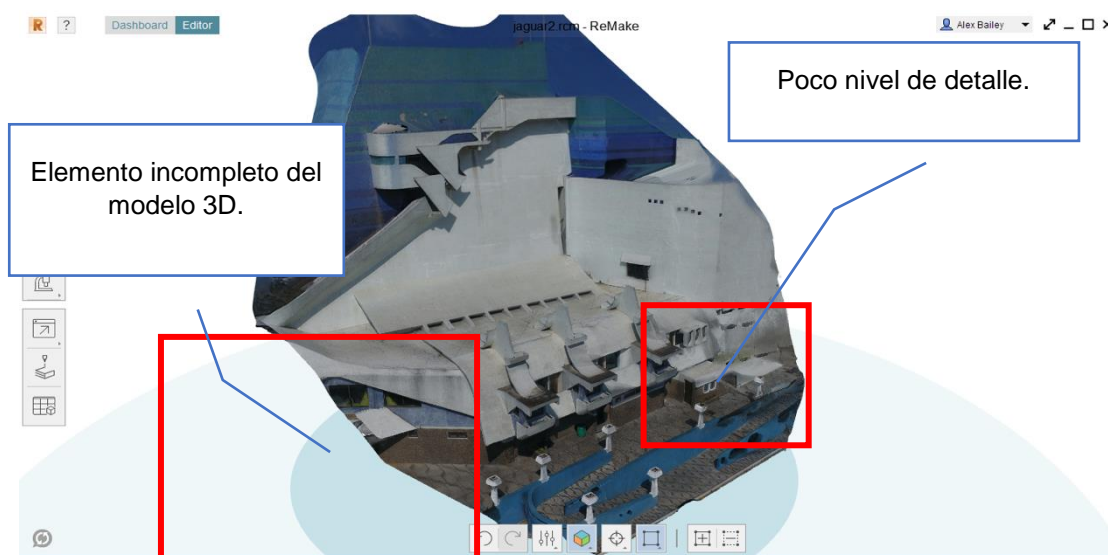


Ilustración 76 Las líneas rojas indican las posiciones en que se realizaron las fotografías y su relación con el edificio.

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

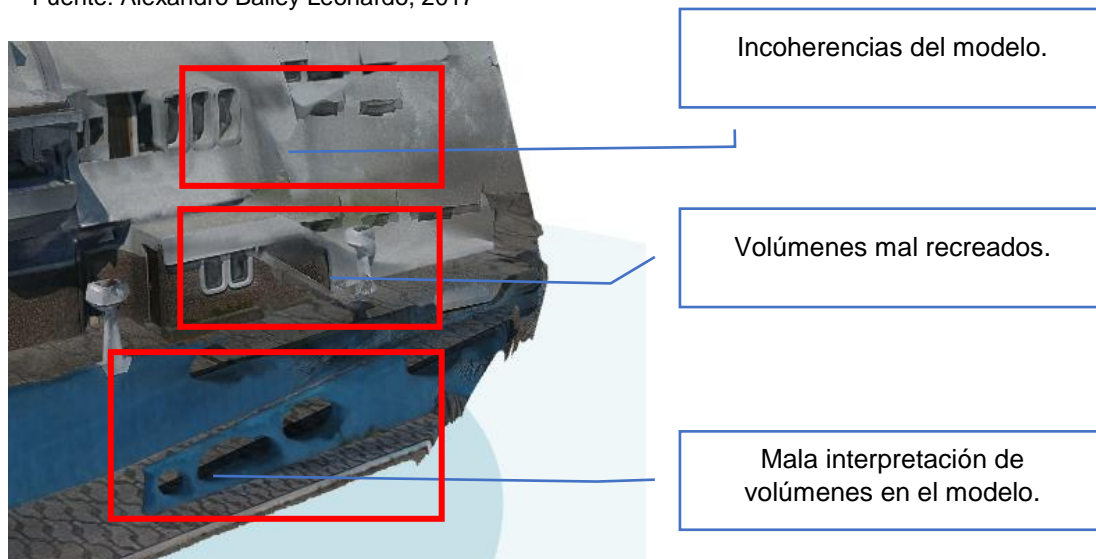
### Resultado.

El producto obtenido de esta segunda digitalización es bastante deficiente. El modelo está incompleto y hay secciones del edificio que no pudieron ser proyectadas de acuerdo con estas fotografías. A pesar de haber concentrado las proyecciones de los fotogramas hacia una sección específica de la fachada esperando obtener mayor detalle, los resultados no satisfacen las expectativas. En las figuras se ilustra con detalle las deficiencias de esta prueba.



*Ilustración 79 Modelo 3D creado por ReCap a partir de 250 fotogramas proyectados en distintas perspectivas y distancias.*

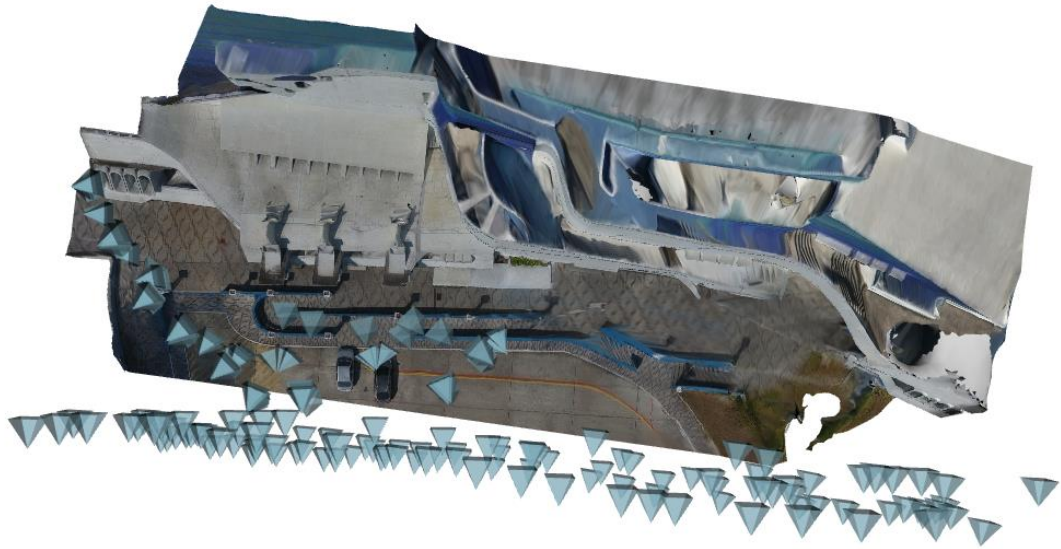
Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 78 Detalle del área con mayor conflicto en cuanto a la recreación virtual del edificio.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

### Prueba 3: Aplicación elegida.



*Ilustración 80 Visualización de los fotogramas empleados para el registro fotogramétrico*

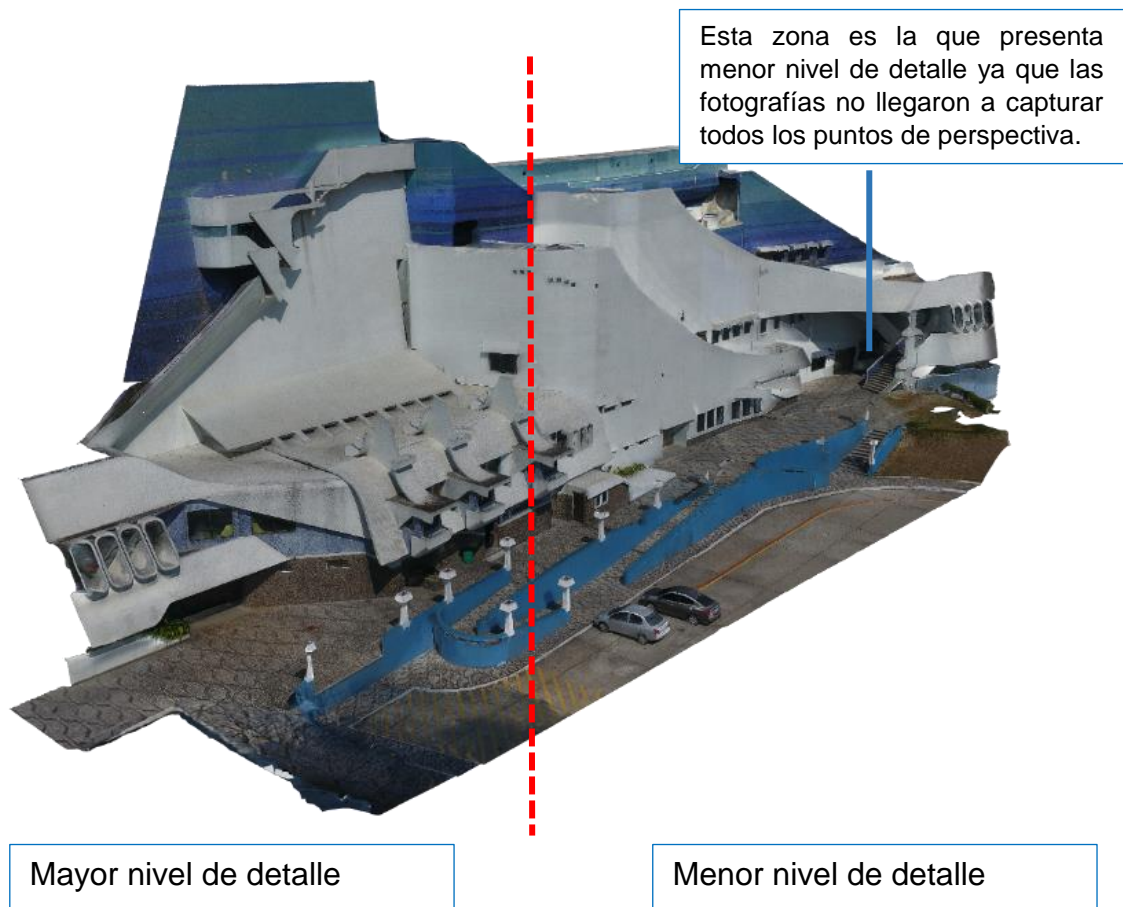
Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Esta prueba se realizó combinando los fotogramas empleados en las pruebas 1 y 2. El modelo se construyó a partir de 250 fotografías.

En la prueba 1 se fotografió de manera general la fachada con la cámara del dron equidistante del objeto arquitectónico en diferentes alturas. Estos fotogramas dan un detalle general de la fachada, pero de manera muy plana y las fotografías empleadas en la prueba 2 complementan el tejido fotogramétrico ya que aportan mayor cantidad de información en cuanto a profundidad de campos.



## Resultado



*Ilustración 81 Modelo generado con 250 fotografías en la prueba 3*

Fuente: Alejandro Bailey Leonardo, 2017

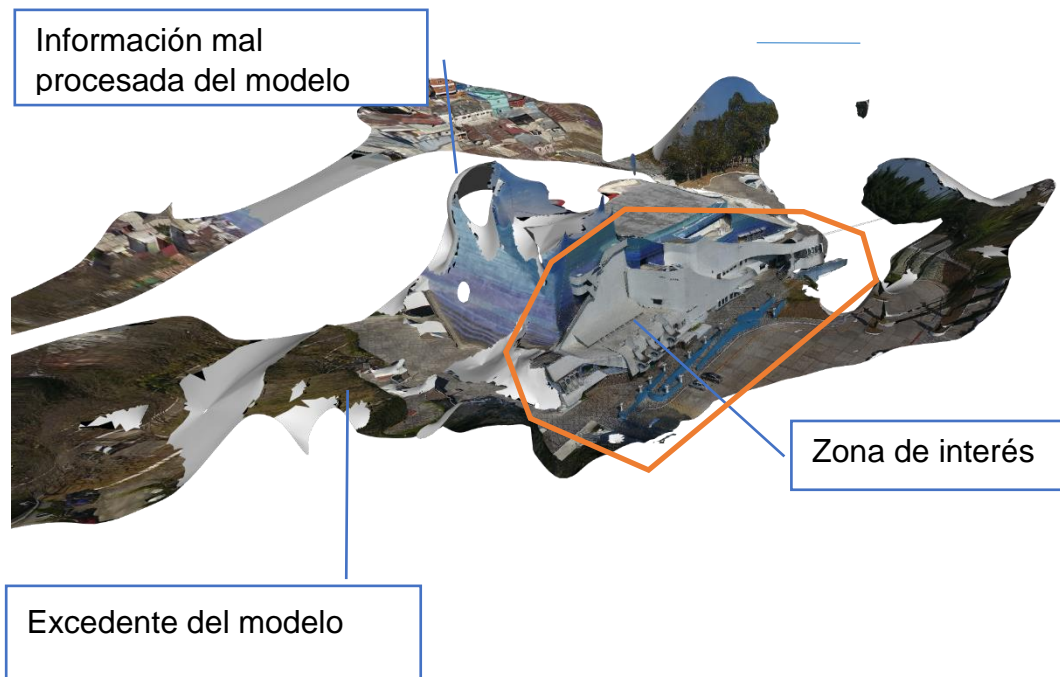
Esta prueba es la que brindó un resultado mas limpio y preciso del objeto de estudio. Al emplear dos series diferentes de fotografías obtenidas mediante capturas perpendiculares a la fachada de manera equidistantes empleados en la prueba número 1 y las fotografías con distintas perspectivas en un vuelo semiesférico utilizadas en la prueba número 2, el resultado es sumamente satisfactorio. El nivel de detalle en las zonas que combinan los dos tipos de captura fotográfica es mucho mayor al de la zona donde solo hay un tipo de captura.

## Edición del modelo elegido

El software realiza el tejido fotogramétrico de toda la información presente en las fotografías procesadas. Esto significa que el mesh poligonal del modelo tendrá muchos excedentes ajenos a la zona de interés y no necesariamente se procesan de manera adecuada. Debido a que el área de interés fue delimitada previamente y todos los fotogramas fueron planificados para obtener la mayor cantidad de detalle de una zona en específico, es necesario limpiar el modelo de todos los excedentes que no aportan información de valor.

El software ReCap Photo permite hacer la depuración de estos elementos y así enfocarse en el área deseada.

Realizar esta tarea es importante para eliminar todos los distractores al momento de analizar las zonas de interés del modelo. Esto facilita su comprensión y simplifica las tareas posteriores como crear animaciones, recorridos tridimensionales, planificación bidimensional, imágenes ortogonales, etc.

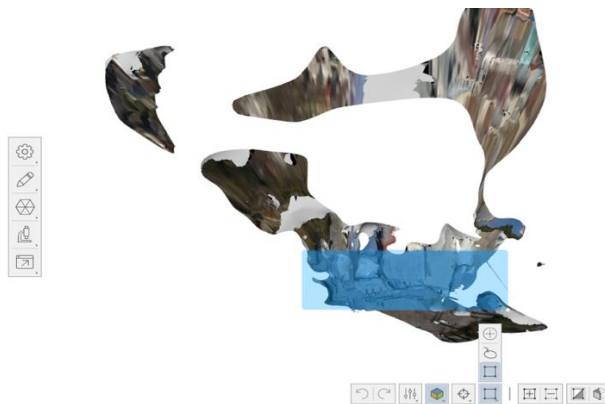


*Ilustración 82 Identificación de las zonas a depurar del modelo 3D obtenido en la prueba 3*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

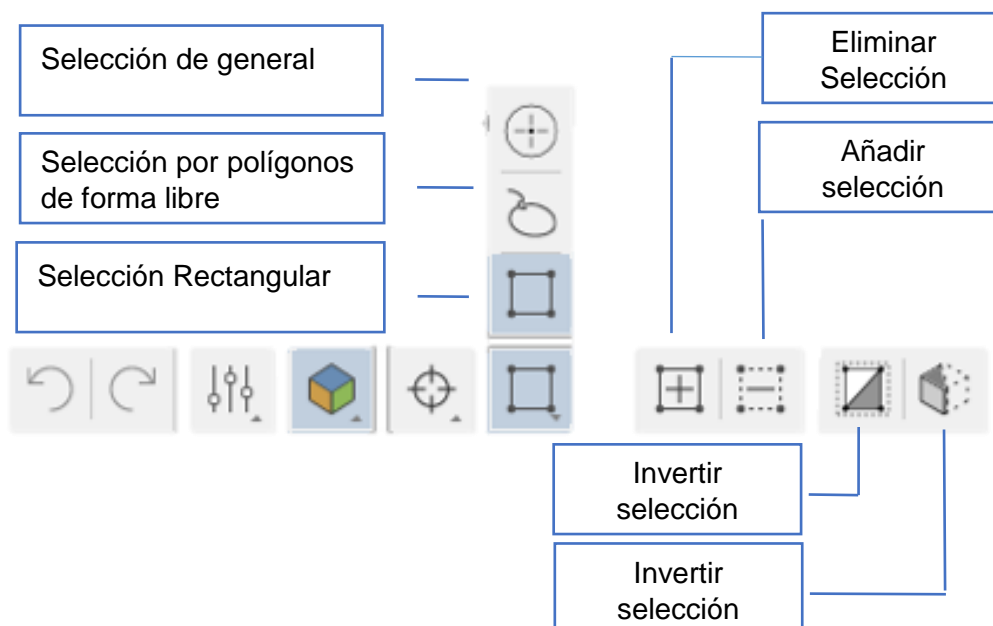
## Depuración del entorno

Las herramientas de edición de ReCap Photo permiten seleccionar rápidamente el área de interés del modelo discriminando toda la información extra que deseamos eliminar del modelo tridimensional.



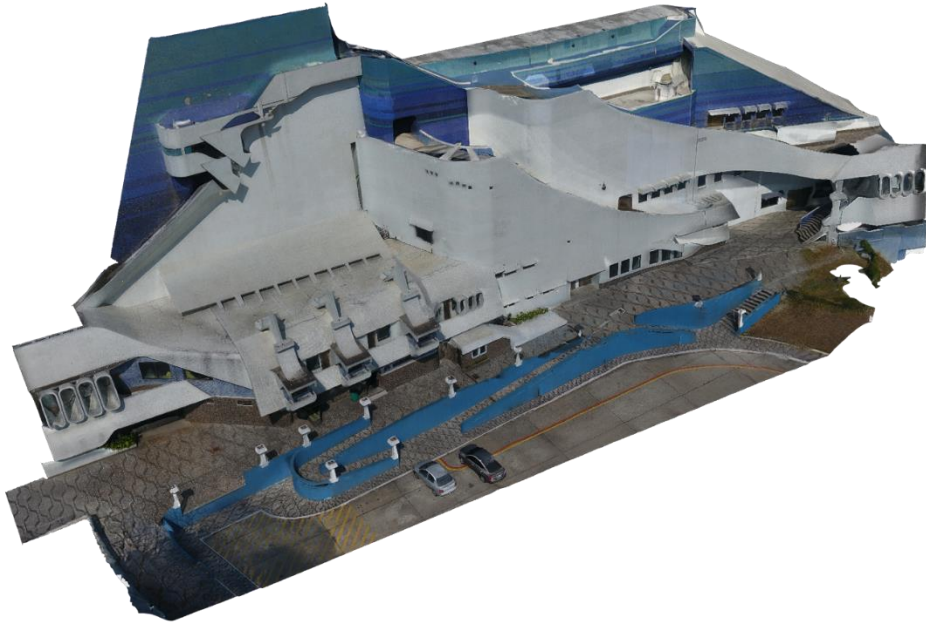
*Ilustración 83 Selección del área de interés*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



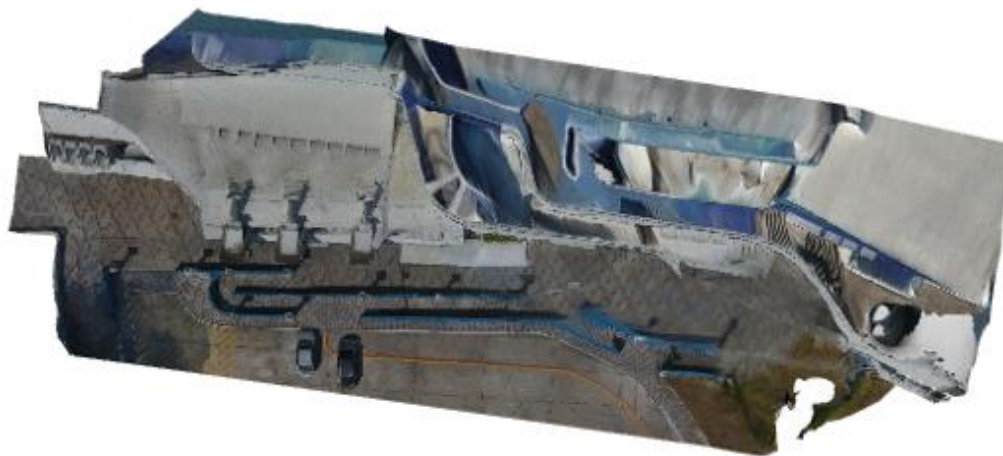
*Ilustración 84 Herramientas de selección ReCap Photo*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 85 Vista Isométrica del modelo luego de la depuración*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 86 Vista en planta del modelo luego de la depuración*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

## Presentación de resultados

La información generada en los registros digitales fotogramétricos se puede presentar en una gran variedad de formatos. Existe la posibilidad de generar documentación completa en planos arquitectónicos bidimensionales y utilizar visualizadores tridimensionales en un entorno virtual.

### Dibujo bidimensional

El plano arquitectónico es la representación gráfica de una obra. Permiten su visualización de forma sencilla y permiten añadir todo tipo de información que sea necesario según las necesidades del proyecto, ya sean distintas visualizaciones del proyecto. dimensiones, especificaciones técnicas. Etc.

### Autodesk Revit

Dentro del ecosistema de programas de diseño CAD y BIM de Autodesk, Revit tiene la capacidad de insertar los archivos de nube de puntos o “point cloud” trabajados en ReCap cuyo formato es “.rcp”. Este tipo de archivos es significativamente mas liviano y manejable que un modelo similar creado de acuerdo con una malla poligonal o “mesh”, de esta manera, es más fácil realizar intervenciones virtuales a escala natural dentro del espacio de modelado con vistas de planta, elevaciones, secciones y apuntes con perspectiva.

Insertar en Revit una malla poligonal del mismo objeto arquitectónico, exige más recursos en cuanto a memoria, procesador, y recursos gráficos de video entre

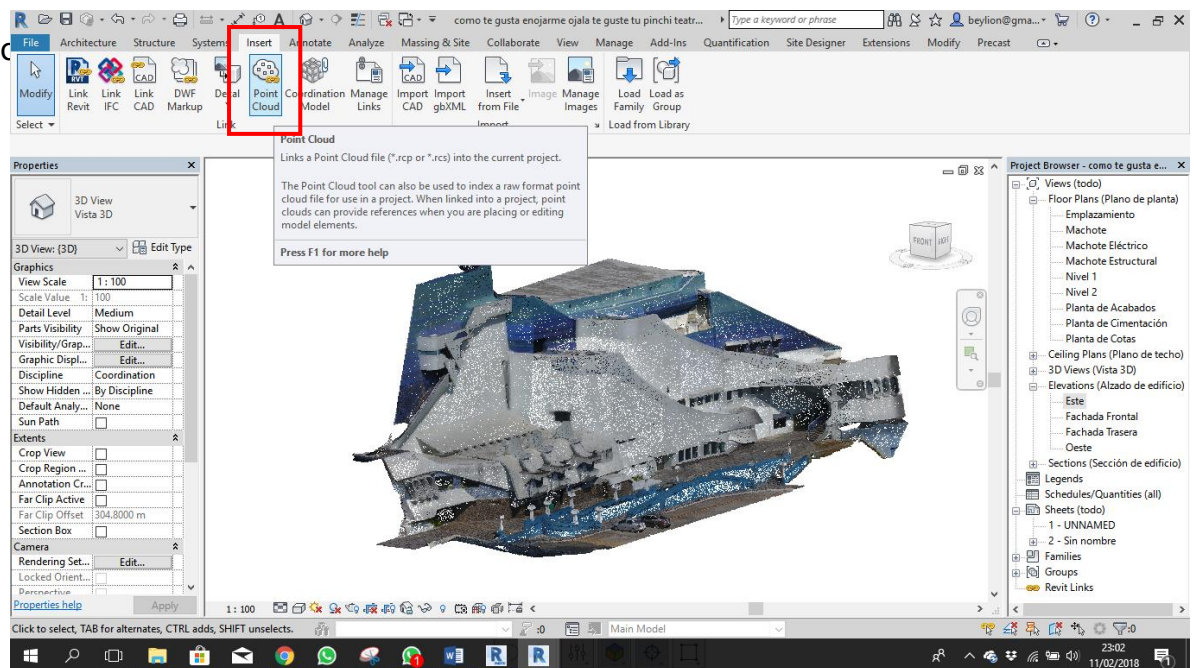


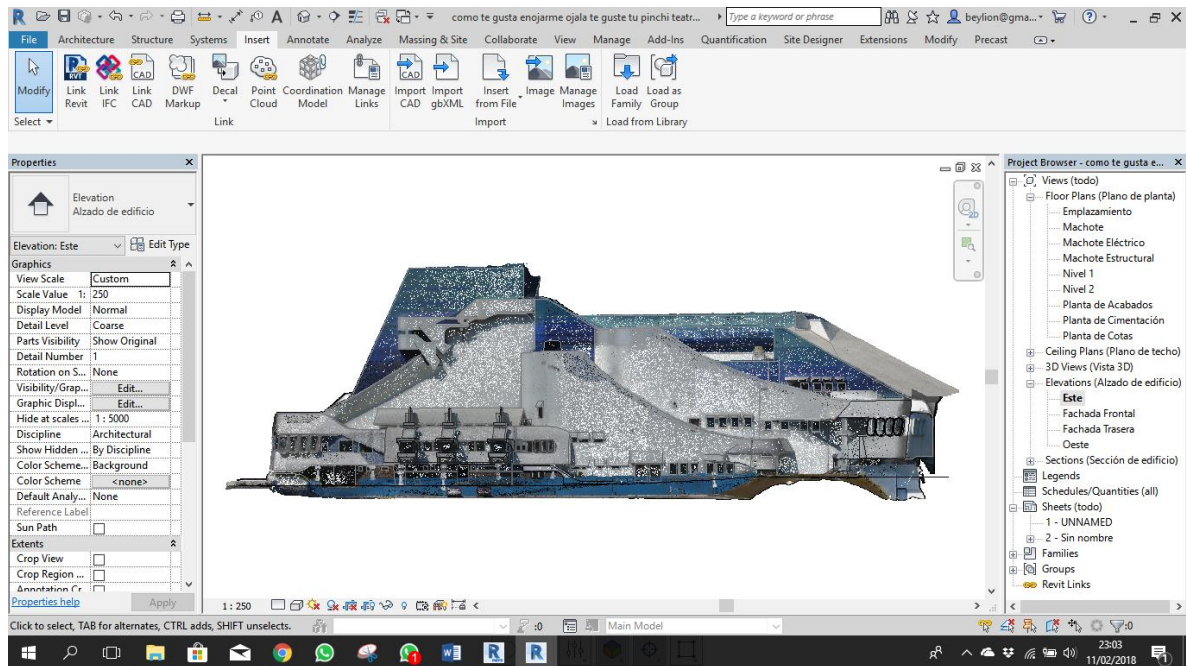
Ilustración 87 Insertar nube de puntos en Revit

Fuente: Alejandro Bailey Leonardo, 2017



Revit trabaja el modelo de la nube de puntos con vistas ortogonales, sin embargo, para tener un plano arquitectónico de la Fachada Este del CCMAA no basta con la nube de puntos, ya que este elemento carece de calidad técnica para presentación que en algunos casos se requiere tal como se observa en la figura.

Integrando las funciones de ReCap, ReCap Photo y Revit es posible hacer un plano técnico de elevación.

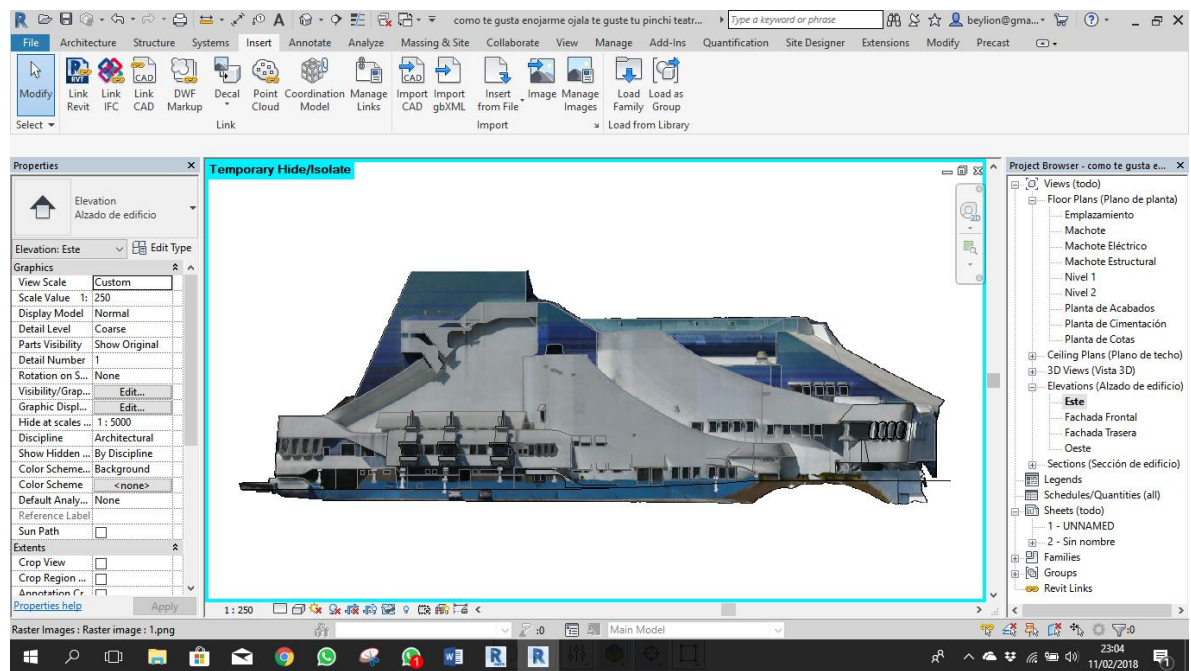


*Ilustración 88 Vista en elevación de la nube de puntos*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Dentro de Revit, y en la vista de elevación requerida, se inserta una imagen en formato “.PNG” de una proyección ortogonal de la fachada, la cual se genera en ReCap Photo. Usando como base la nube de puntos insertada previamente en el proyecto, se ajusta la escala y se alinea para que coincida perfectamente la imagen ortogonal con la nube de puntos.

Al tener esta imagen, es posible dibujar sobre ella teniendo una referencia de alta definición que permita apreciar a detalle todos los elementos que componen la fachada. Según se muestra en la siguiente figura



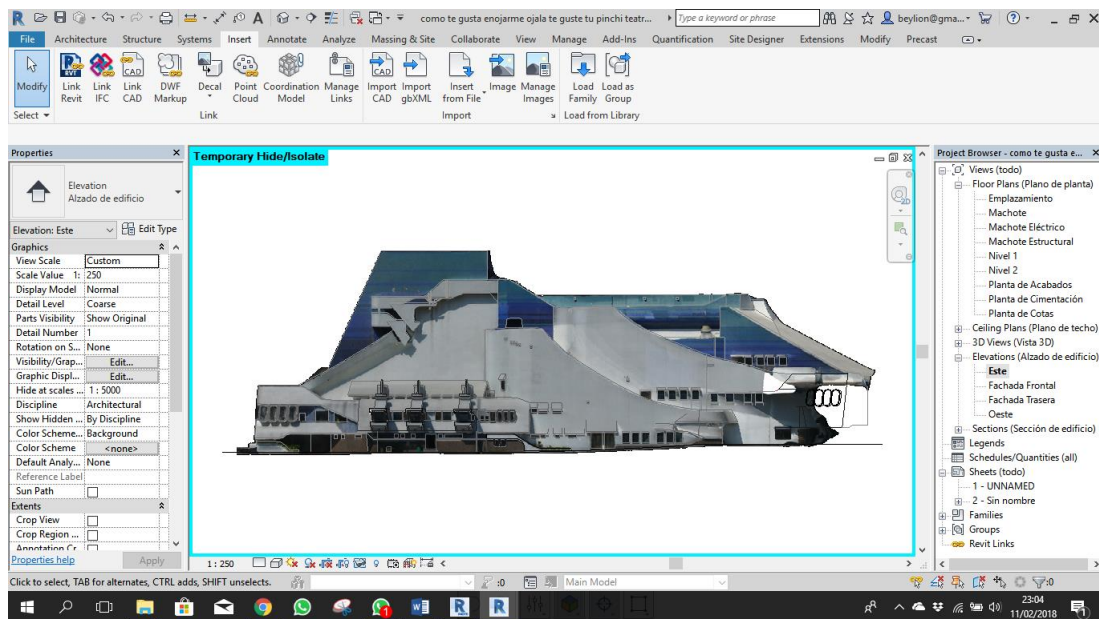
*Ilustración 89 Insertar PNG para redibujar fachada*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Debido a que el CCMAA posee una gran complejidad en cuanto a la composición plástica de sus fachadas, hay numerosos elementos que se encuentran en distintos planos.

Dentro de Revit es posible insertar varias imágenes en formato “.PNG” y de esta manera trabajar el modelo por capas. Manipulando el modelo con las herramientas edición de ReCap Photo, es posible generar la cantidad de imágenes ortogonales en diferentes planos de profundidad para poder tener el detalle de todos los elementos, incluso si estos están detrás de una columna, un árbol, un automóvil u otros objetos que interfieran en el campo visual del objeto arquitectónico que se está trabajando.

En la figura se observa la superposición de una imagen seccionada a una profundidad diferente, en la cual es posible ver la base del CCMAA sin la obstrucción visual de los vehículos estacionados, ni los caminamientos peatonales.



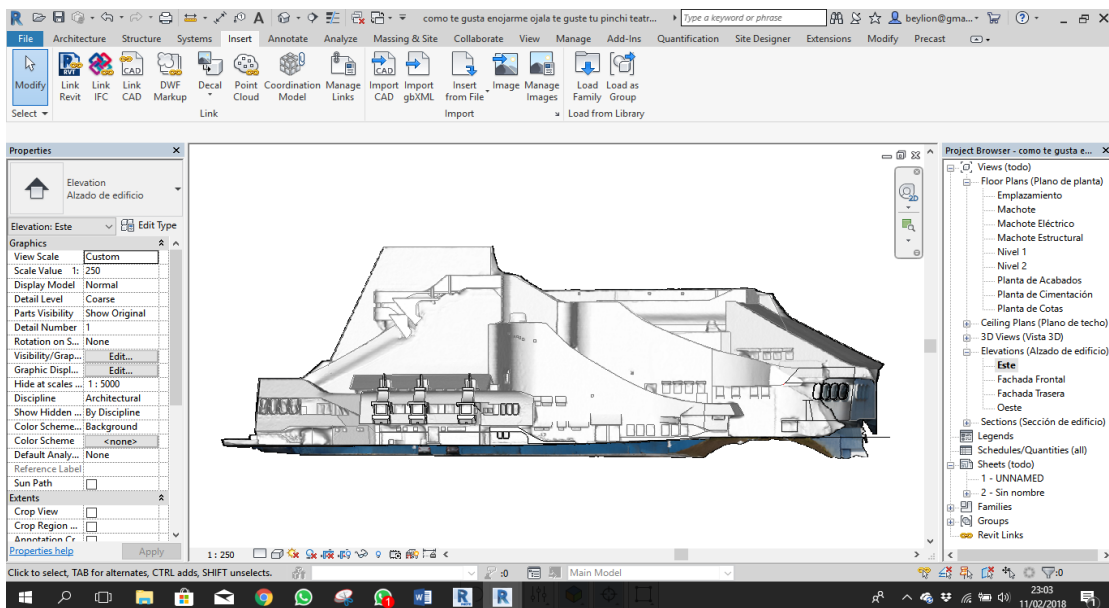
*Ilustración 90 Superposición de imagen y líneas de dibujo*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



En ocasiones, la sombra propia del objeto arquitectónico o la sombra proyectada de otros elementos dificultan la comprensión de detalles al realizar tareas de dibujo sobre las proyecciones ortogonales. En ReCap Photo es posible generar una visualización que elimine la información de textura y color, dejando el volumen con monocromático con información de luz y sombra.

En la figura se observa una superposición de una imagen monocromática del CCMAA, de esta manera se facilita la comprensión de los volúmenes del modelo que pudieran ser confundidos en otras visualizaciones del modelo.

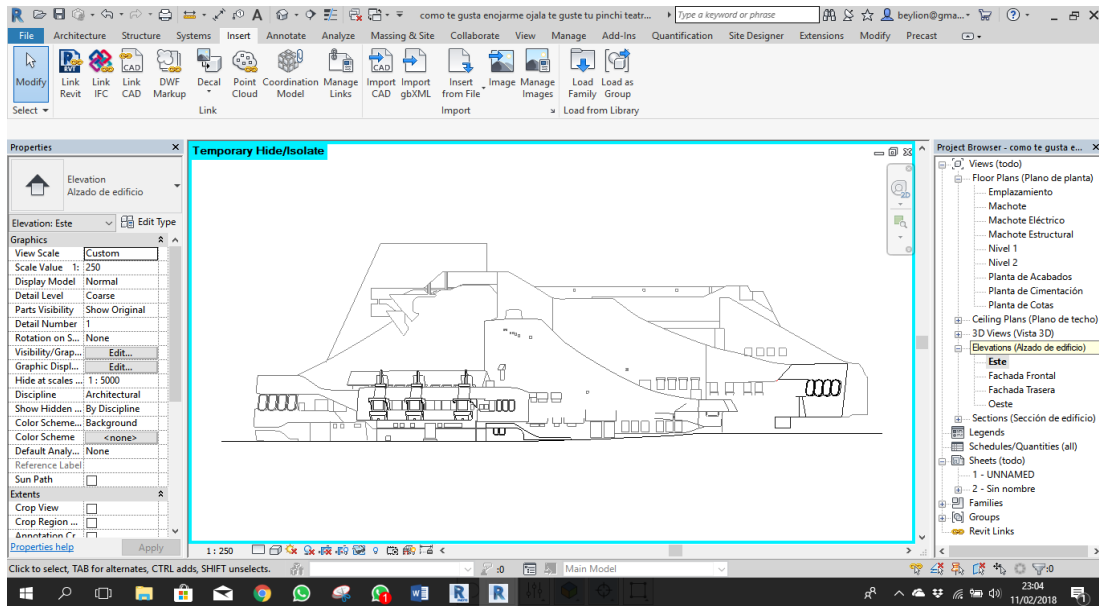


*Ilustración 91 Superposición de imagen monocromática*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

El resultado es un dibujo con lenguaje de líneas técnico y detallado del objeto arquitectónico en estudio. Este dibujo es útil para realizar anotaciones con simbología y hacer levantamiento de daños y deterioros para efectos de conservación y restauración, es posible acotar con medidas exactas, marcar niveles de elevación etc.

En la figura se observa el resultado final del dibujo técnico y detallado de la

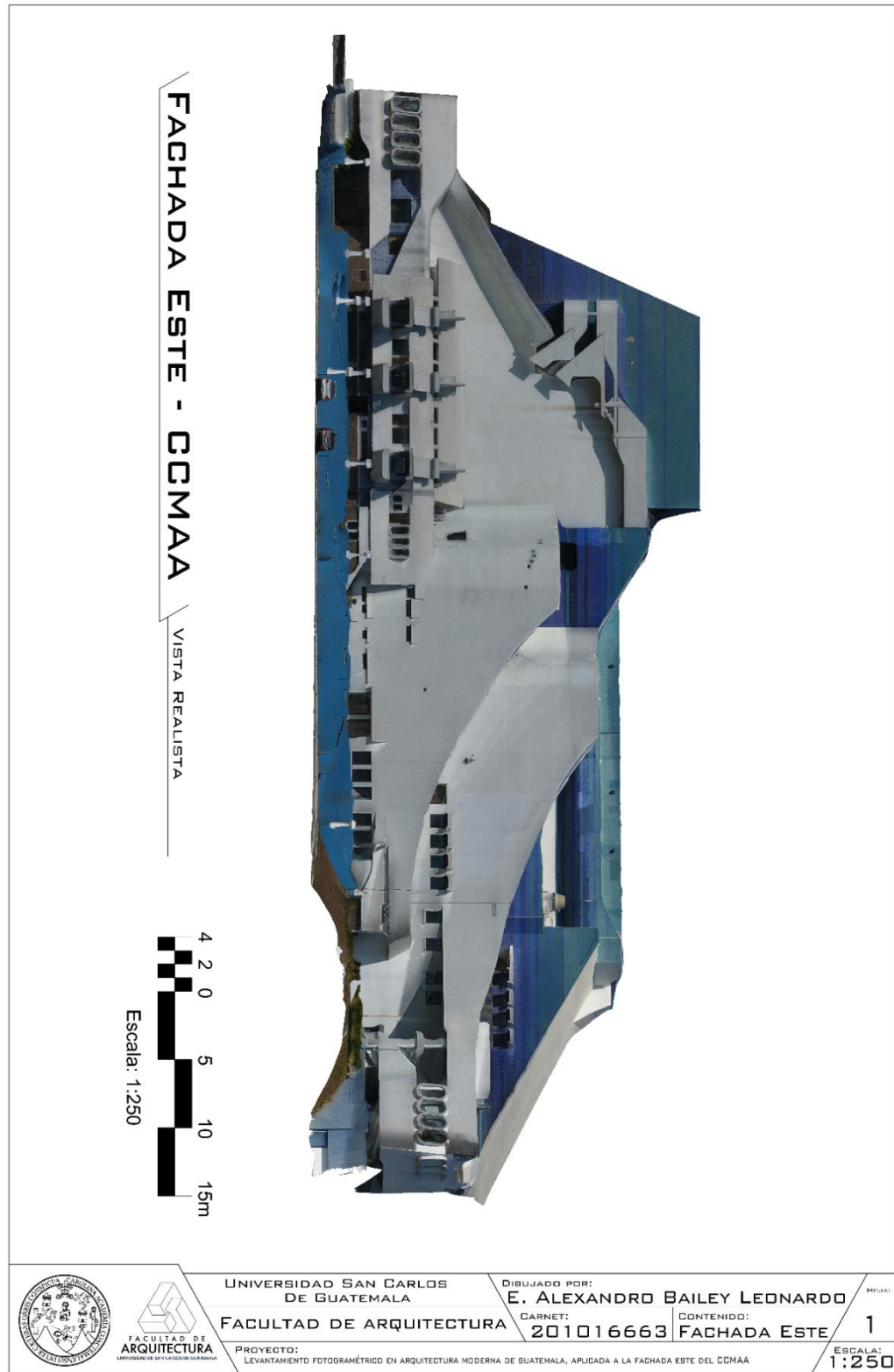


*Ilustración 92 Visualización de líneas de dibujo de la fachada*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

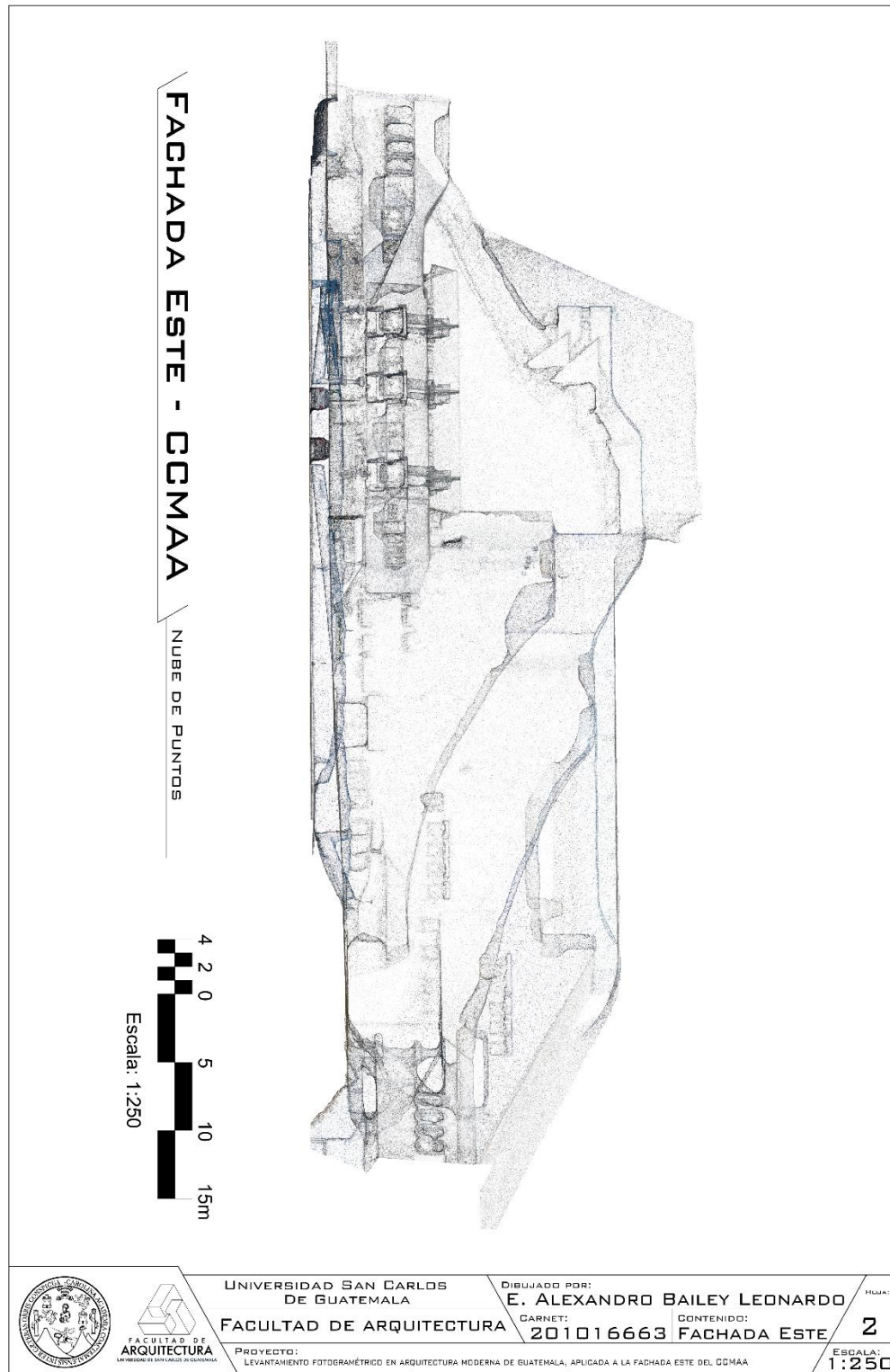
Fachada Este del CCMAA sin la presencia de las imágenes ortogonales en formato “.PNG” ni la nube de puntos.

## Plano de fachada – Vista Realista



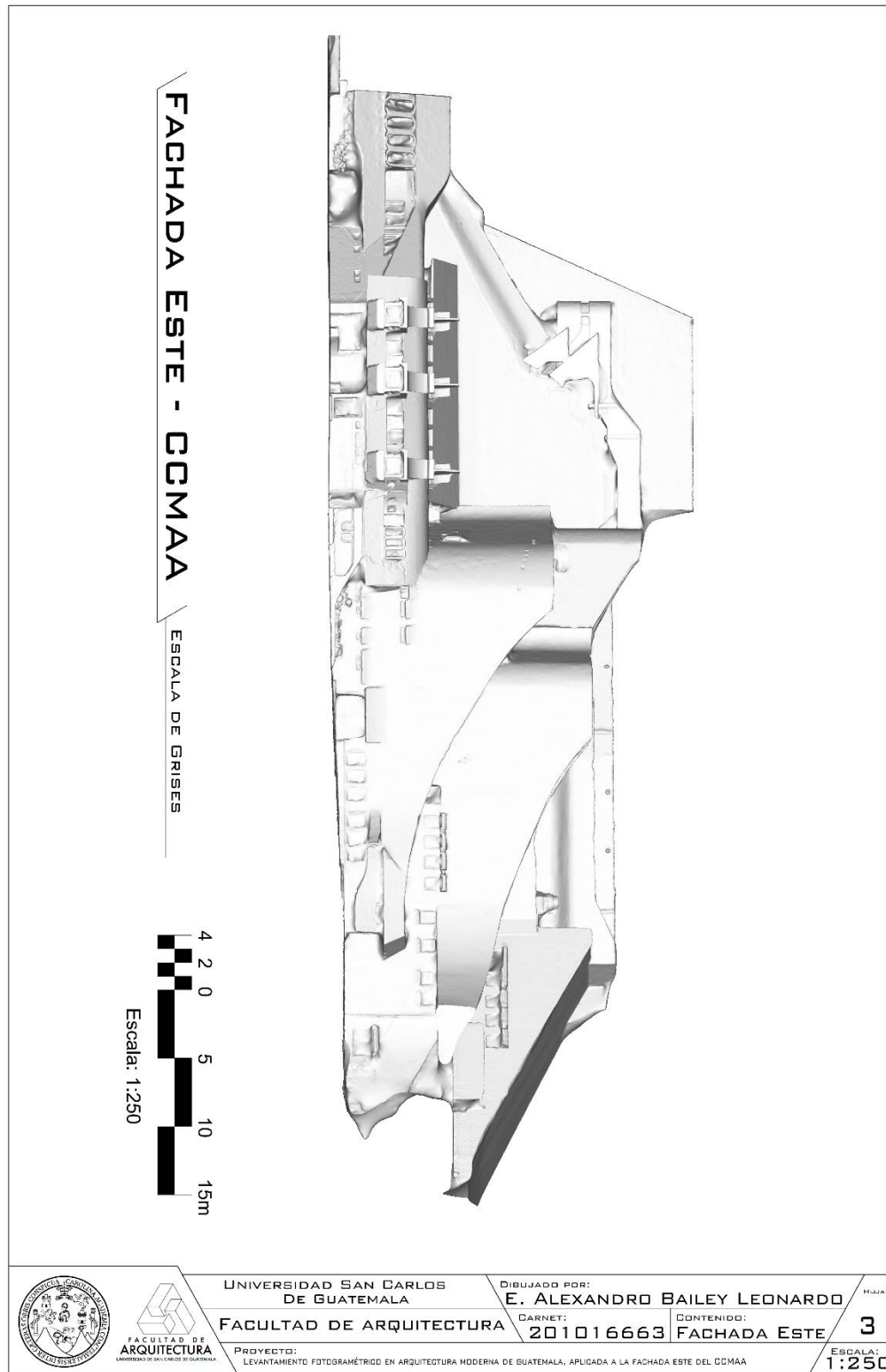


## Plano de fachada – Nube de puntos





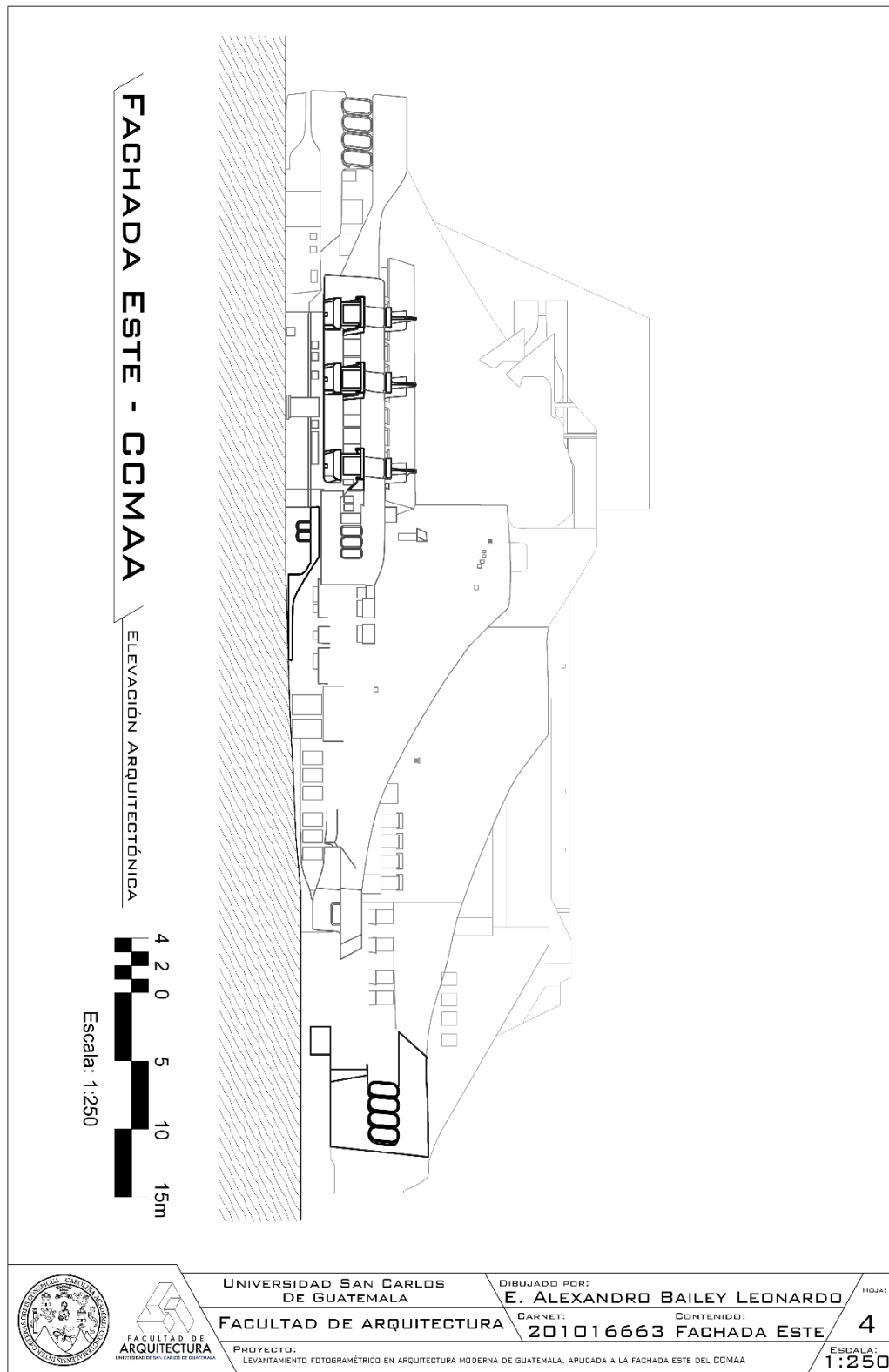
Plano de fachada – Vista escala de grises





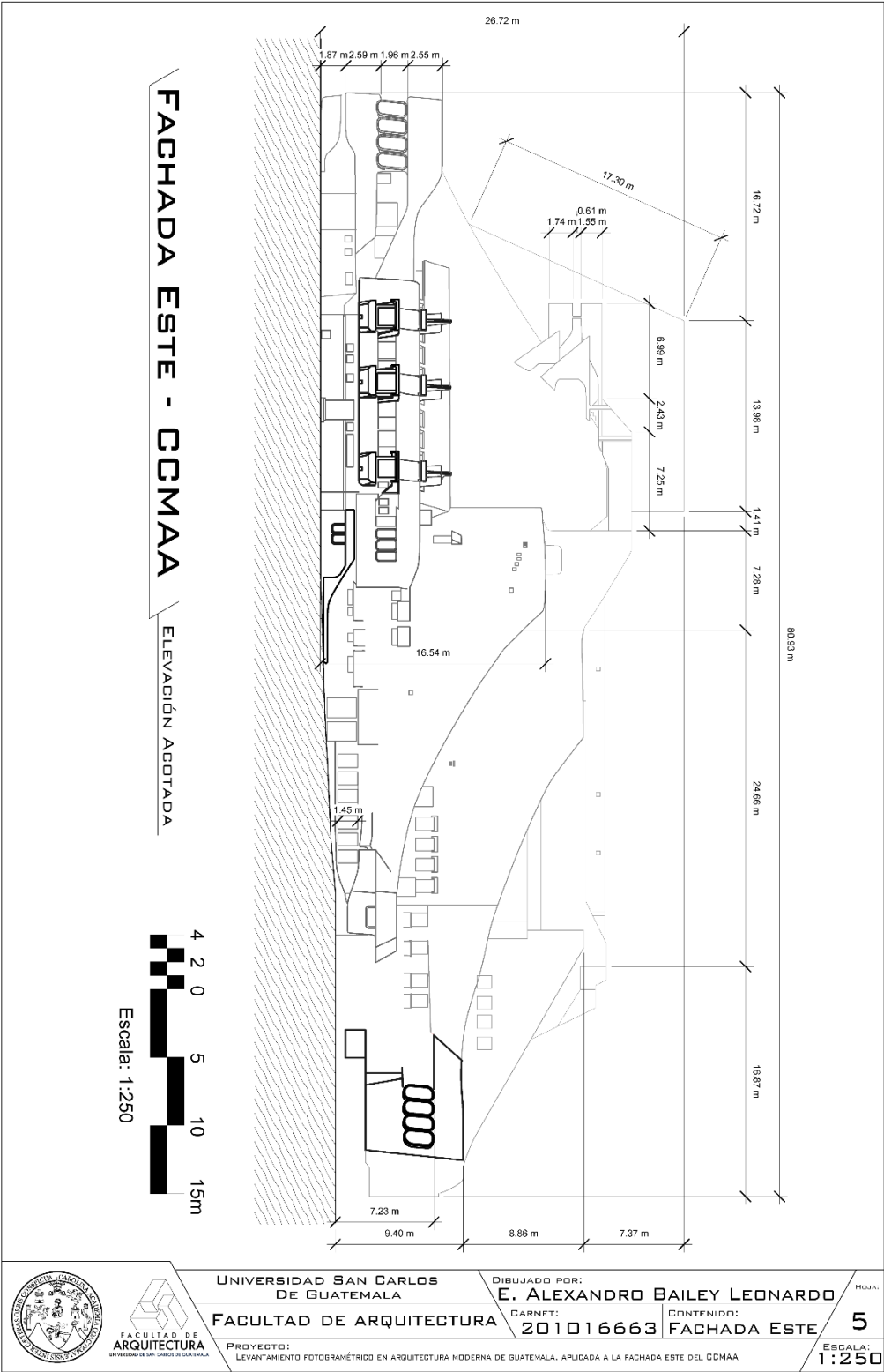


## Plano de fachada – Vista escala de grises





Plano de fachada – Vista escala de grises



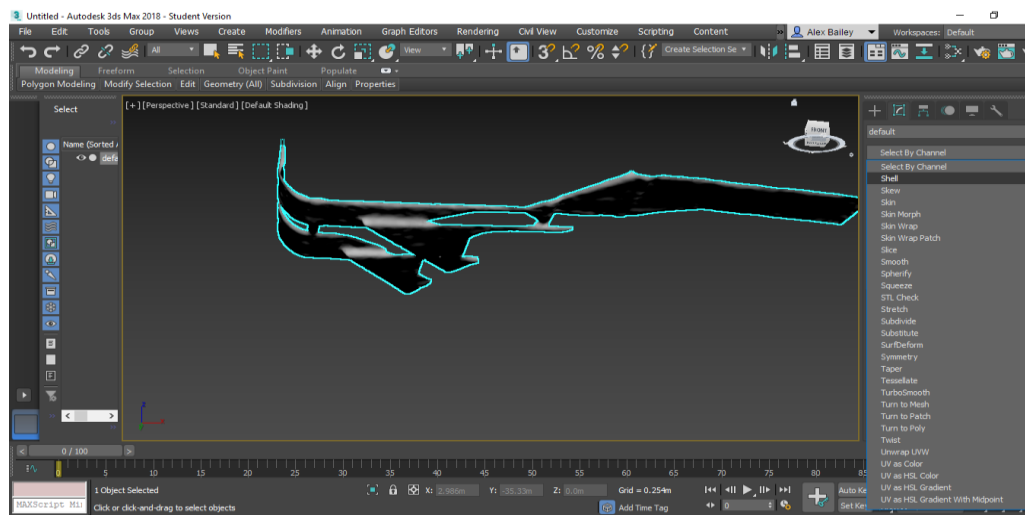


## Análisis tridimensional

### *Agregar un grosor a las herramientas piezas*

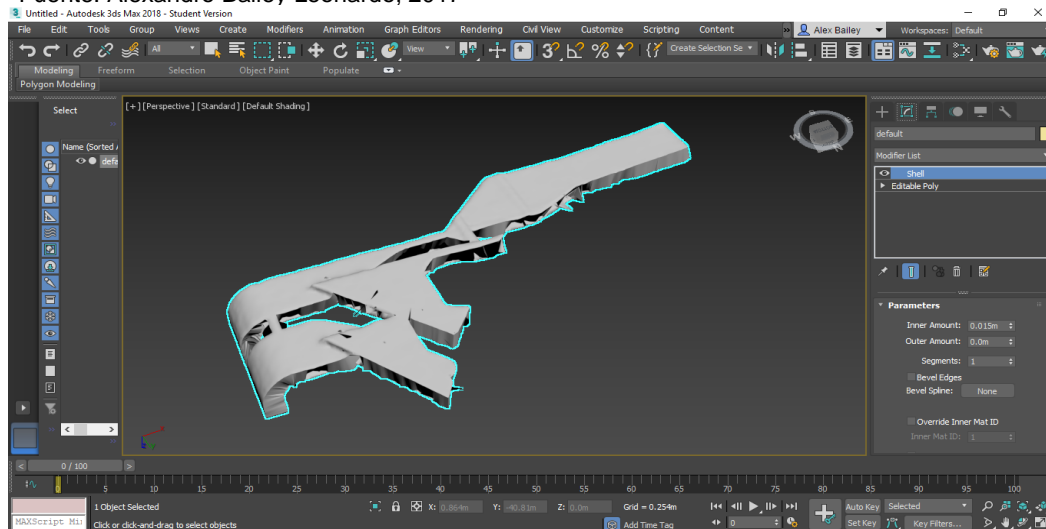
Toda la información tridimensional generada por los softwares de procesamiento fotogramétrico y nube de pintos dan como resultado un modelo que se puede convertir a una malla poligonal. Sin embargo, este formato corresponde solamente a una envoltente. Para convertir el cascaron a una geometría con propiedades de profundidad es necesario utilizar 3D Studio Max. Sin embargo, este no se convierte en un elemento sólido como tal y no es posible emplearlo como una masa conceptual dentro de Revit.

1. Seleccionar el modelo.
2. Seleccionar la opción “Crear”
3. Seleccionar el modificador “Shell”



*Ilustración 94 Selección del modelo y aplicación del modificador Shell*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 93 Modelo con propiedades de grosor.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo. 2017

## Visualización del modelo con texturas realistas

Habitualmente se hace necesario disponer de programas especializados de modelado 3D para poder visualizar los modelos digitales y estos por lo general son bastante especializados y requieren de computadoras con alto poder de procesamiento para funcionar sin problemas. Sin embargo, existen opciones que permiten hacer una revisión rápida de los modelos digitales incluso utilizando un dispositivo móvil de gama media.

### Sketchfab

Es una plataforma en línea y gratuita construida por la comunidad que tiene como finalidad brindar herramientas para compartir modelos digitales tridimensionales contruidos a partir de cualquier técnica de modelado 3D posible. Esta plataforma se construye bajo la estructura de una red social, aunque su diferencia es que el contenido que comparten los usuarios es únicamente su trabajo relacionado al modelado tridimensional.

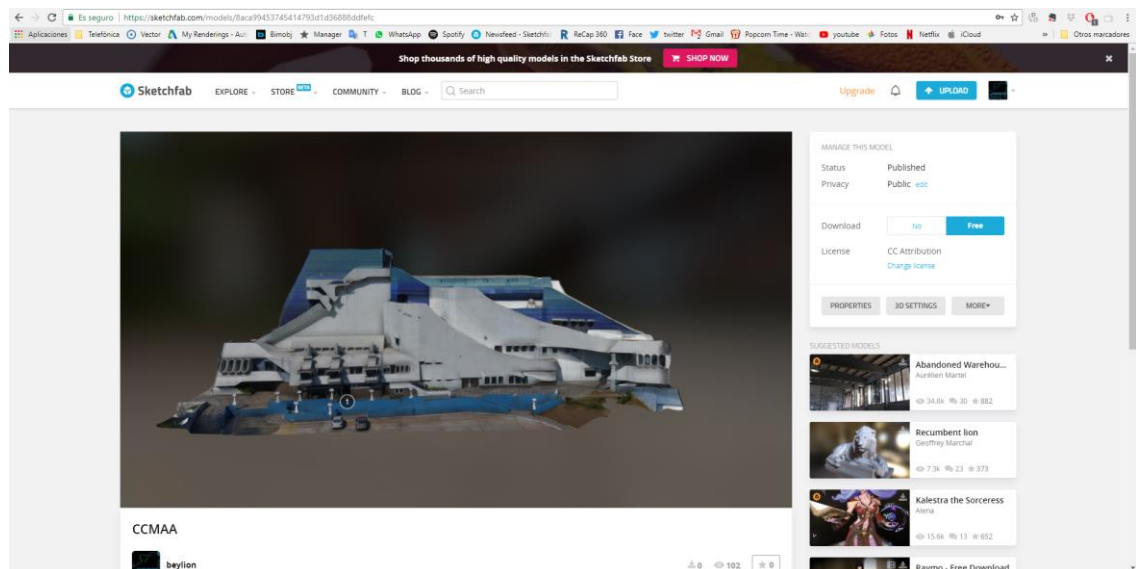
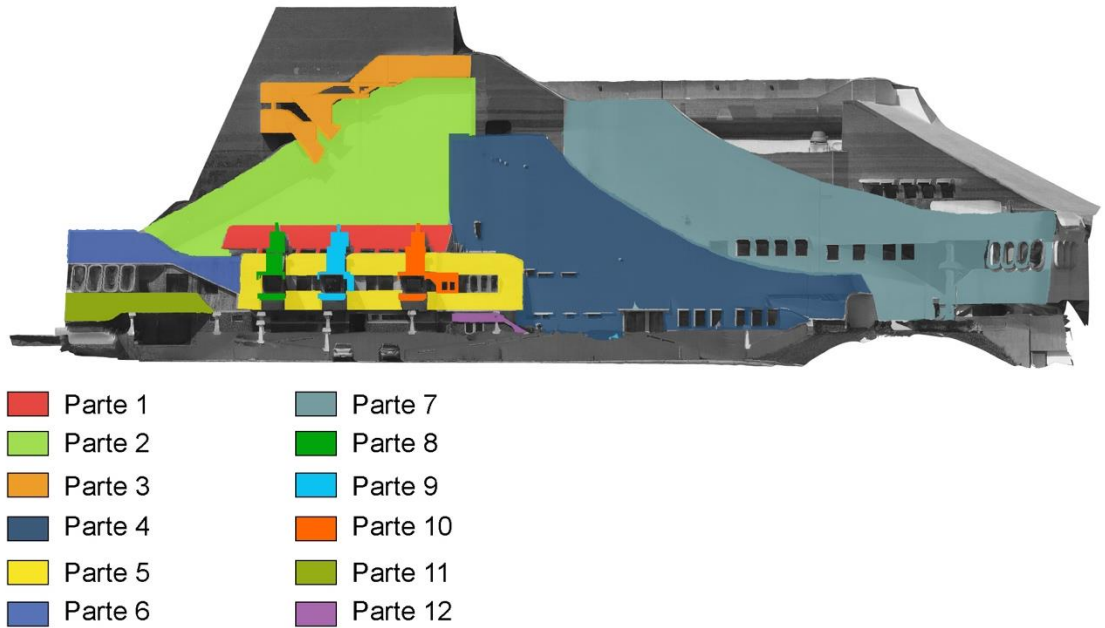


Ilustración 95 Visualización de modelo realista en la plataforma Sketchfab

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

### *Seccionamiento de superficies*

La complejidad de la composición plástica de la Fachada Este del CCMAA requiere que cada superficie se analice de manera independiente y no como un conjunto. Es por esto por lo que el modelo se ha seccionado en doce superficies diferentes para así poder determinar de manera eficiente y precisa el área de superficies cubiertas por mosaico blanco.



*Ilustración 96 Identificación de piezas cubiertas por mosaico blanco*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

### *Definición de áreas*

Dentro de Autodesk ReCap Photo se realiza la segmentación de las superficies que se analizaran de manera individual, para esto se requiere crear diferentes copias del archivo, y así, independizar las piezas para analizar la geometría de una manera precisa.

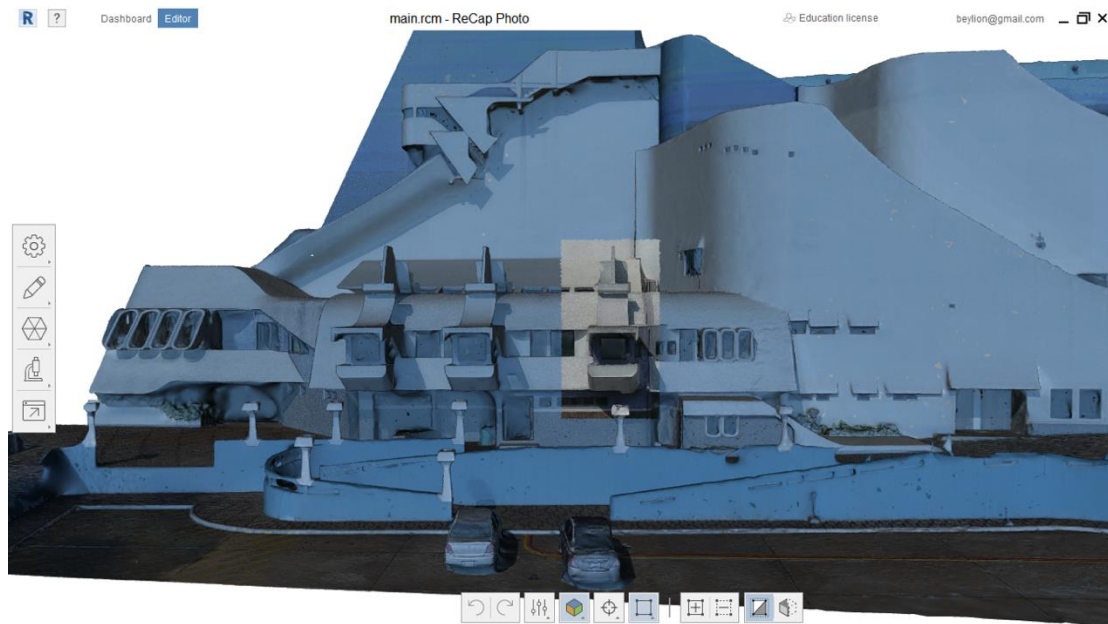
Al igual que en el proceso para depurar el modelo de todos los excedentes producto del ruido en las fotografías utilizadas en el tejido fotogramétrico, las herramientas de selección y edición dan la posibilidad de seleccionar detalles de cualquier dimensión como se observa en la figura.



*Ilustración 97 selección de pieza*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017





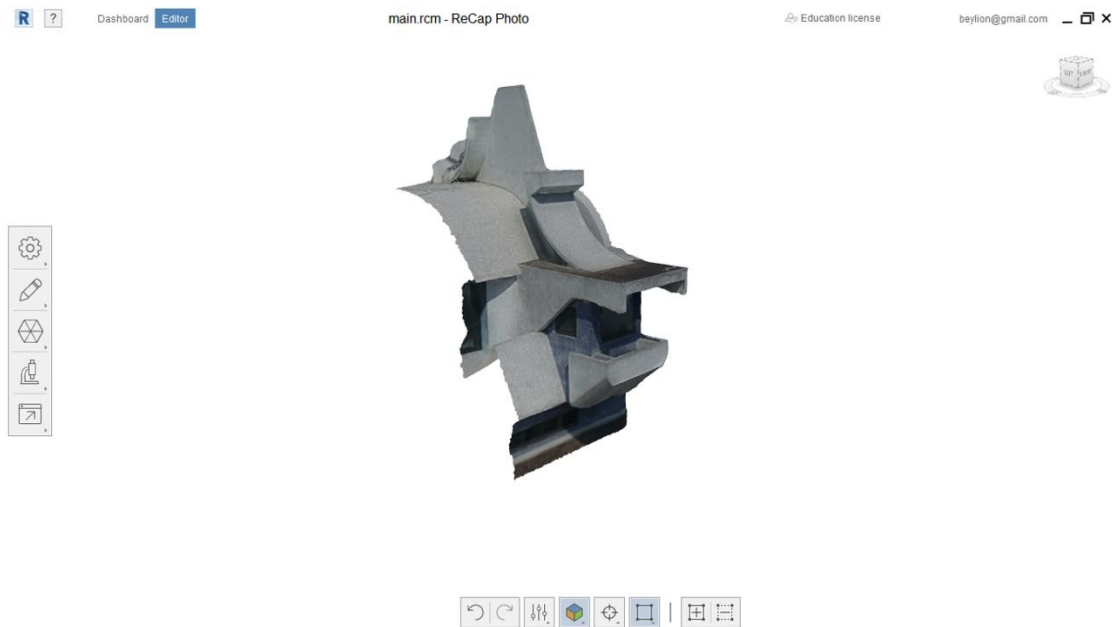
*Ilustración 98 selección invertida en el modelo*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 99 eliminación de material residual del modelo para aislar la pieza de interés*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 100 Identificando zonas que aún deben depurarse*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 101 Resultado final de la depuración de la pieza de estudio*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

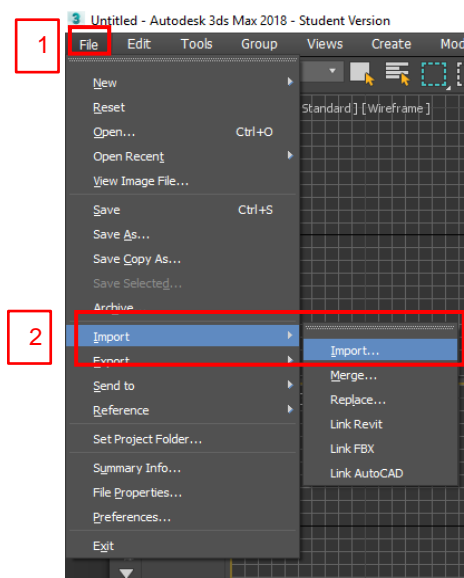
# Cuantificación de Áreas





En el software 3D Studio Max se puede importar cada una de las piezas seccionadas en ReCap Photo y obtener toda la información correspondiente a los modelos tridimensionales que se están manejando.

1. Abrir el programa y seleccionar la opción “File”
2. Seleccionar la opción “import”
3. Una vez finalizada la importación, seleccionar el modelo.
4. Seleccionar el panel de “utilidades”
5. Seleccionar la opción “measure”
6. Automáticamente se hará un despliegue de la información de la geometría del modelo.
  - a. Superficie de área
  - b. Volumen
  - c. Centro de masa.
  - d. Dimensiones en X, Y, y Z.



*Ilustración 102 Importar un modelo a 3D Studio Max*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

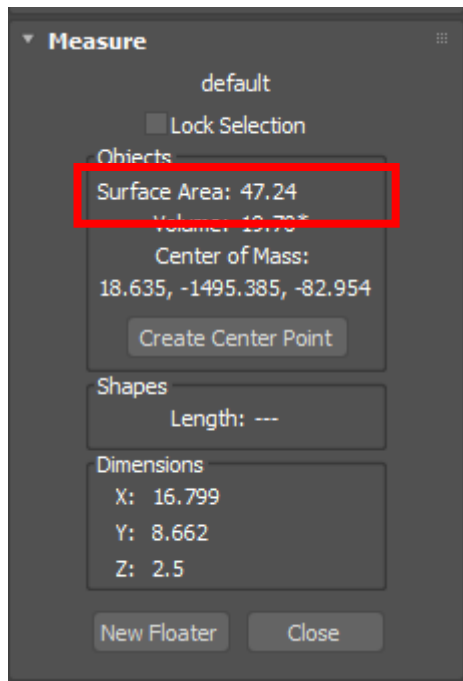


Ilustración 104 Vista de panel de medidas del modelo

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

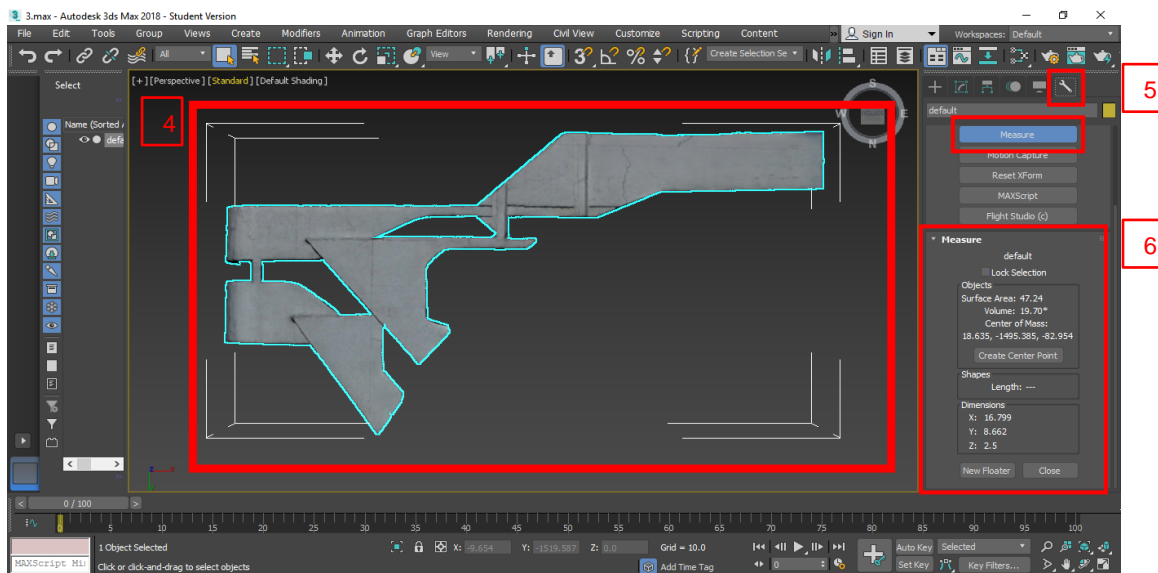
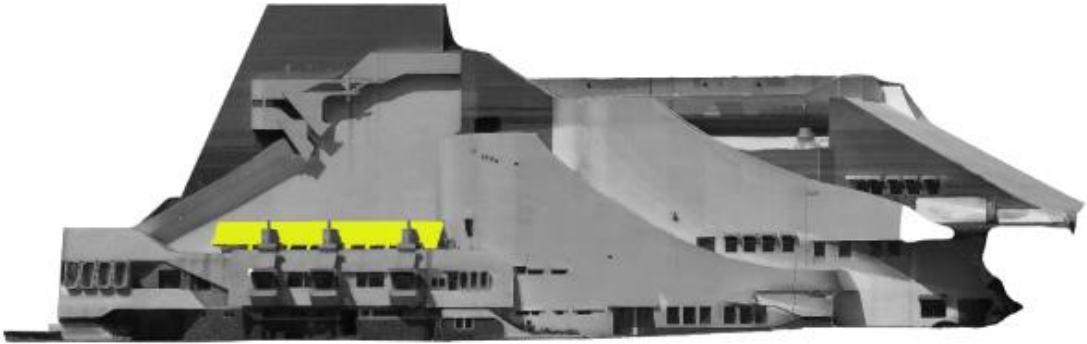
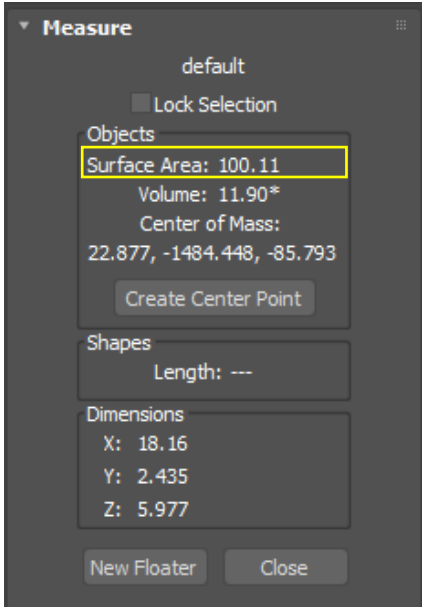



Ilustración 103 Identificación de los pasos para obtener las medidas área de la pieza en 3D Studio Max

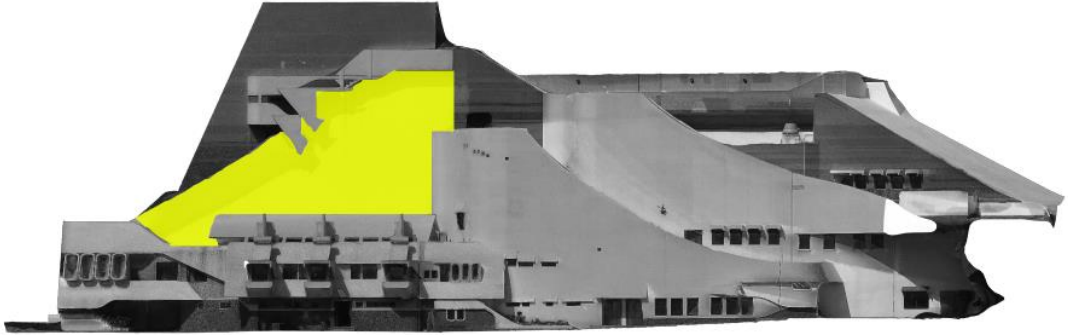
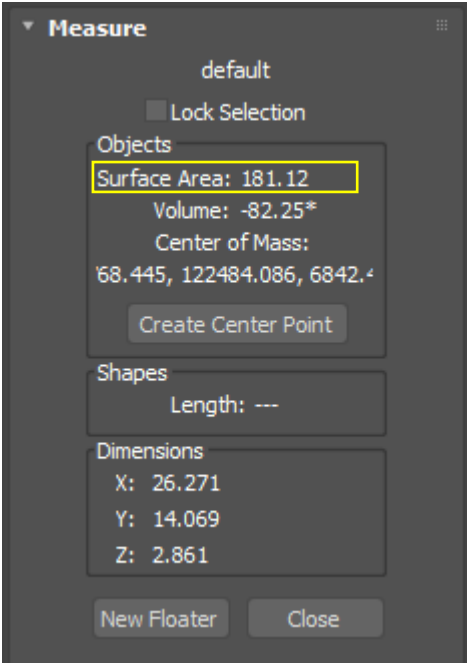
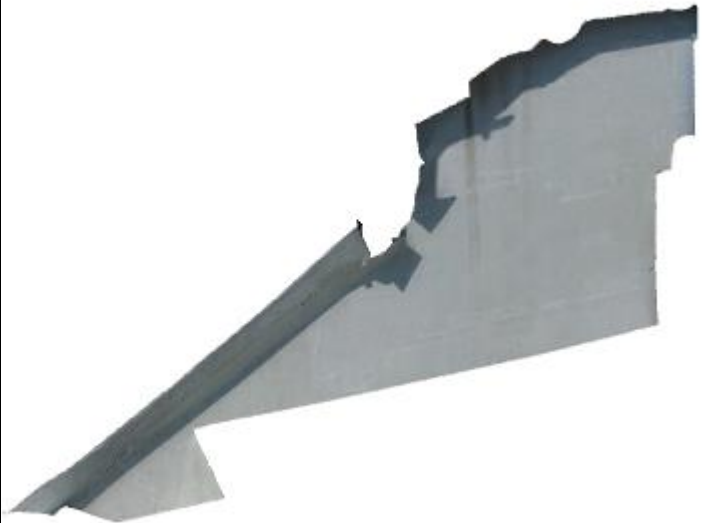
Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

## Superficie 1

Pieza 1	
Área superficial de la pieza:	100.11m <sup>2</sup>
	
	<p>Superficie resaltada:</p> 

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

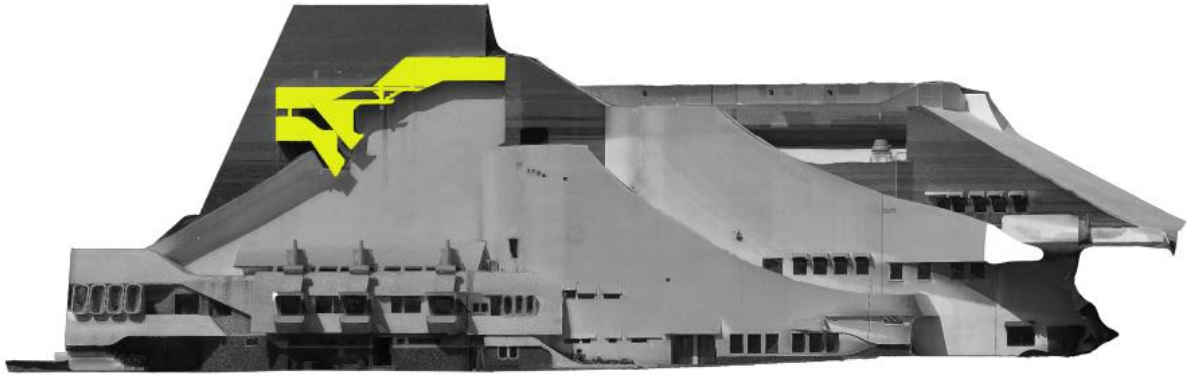
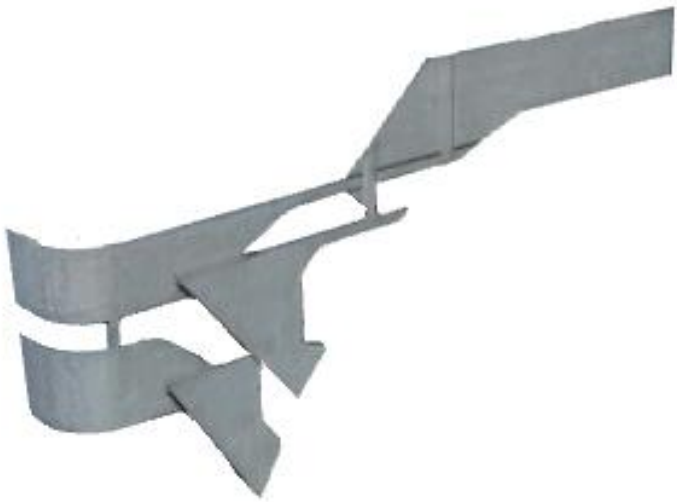
## Superficie 2

Pieza 2	
Área superficial de la pieza:	181.12m <sup>2</sup>
	
	Superficie resaltada: 

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

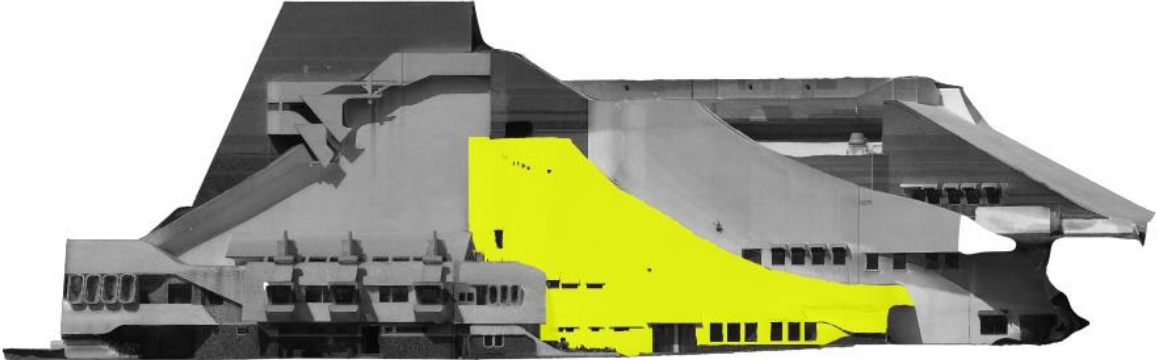



### Superficie 3

Pieza 3	
Área superficial de la pieza:	47.24m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ <b>Measure</b></p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 47.24</p><p>Volume: 19.70*</p><p>Center of Mass:</p><p>18.635, -1495.385, -82.954</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 16.799</p><p>Y: 8.662</p><p>Z: 2.5</p><p>New Floater Close</p></div>	Superficie resaltada: 

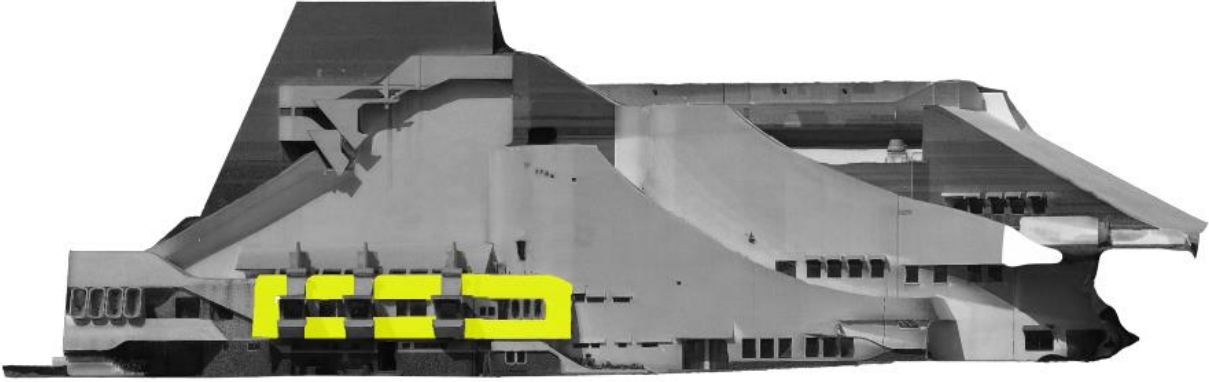

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Superficie 4

Pieza 4	
Área superficial de la pieza:	332.20m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ <b>Measure</b></p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 332.20</p><p>Volume: 543.39*</p><p>Center of Mass:</p><p>40.113, -1486.632, -90.662</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 33.28</p><p>Y: 16.276</p><p>Z: 13.181</p><p>New Floater   Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 



Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Superficie 5

Pieza 5	
Área superficial de la pieza:	181.51m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ Measure</p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 181.51</p><p>Volume: 147.69*</p><p>Center of Mass:</p><p>26.792, -1481.522, -93.621</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 22.747</p><p>Y: 4.84</p><p>Z: 9.639</p><p>New Floater   Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

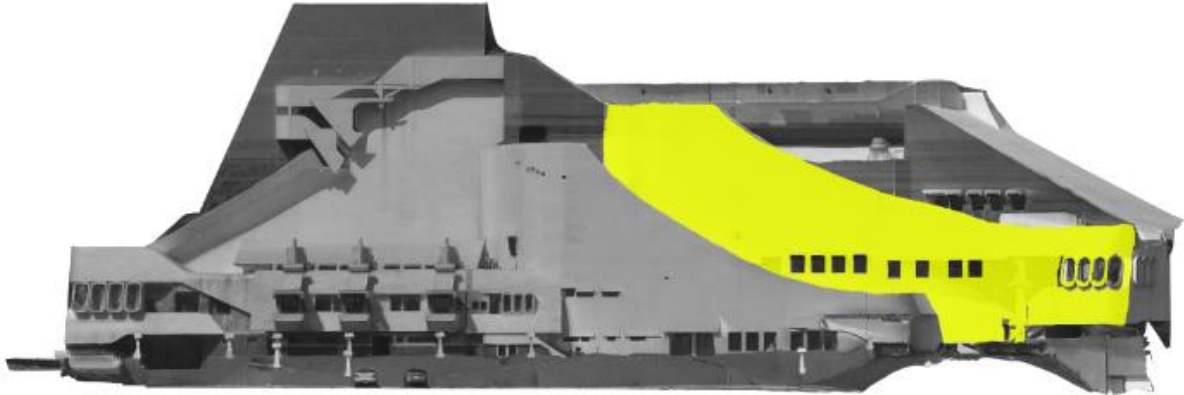

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Superficie 6

Pieza 6	
Área superficial de la pieza:	101.64m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ <b>Measure</b></p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 101.64</p><p>Volume: 14.94*</p><p>Center of Mass:</p><p>11.227, -1483.195, -88.225</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 15.124</p><p>Y: 5.675</p><p>Z: 11.984</p><p>New Floater   Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Superficie 7

Pieza 7	
Área superficial de la pieza:	390.01m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ Measure</p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><div><p>Surface Area: 390.01</p><p>Volume: -447.03*</p><p>Center of Mass:</p><p>44.551, 662745.688, 43413</p><p>Create Center Point</p></div><p>Shapes</p><div><p>Length: ---</p></div><p>Dimensions</p><div><p>X: 40.427</p><p>Y: 18.293</p><p>Z: 19.815</p></div><p>New Floater   Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

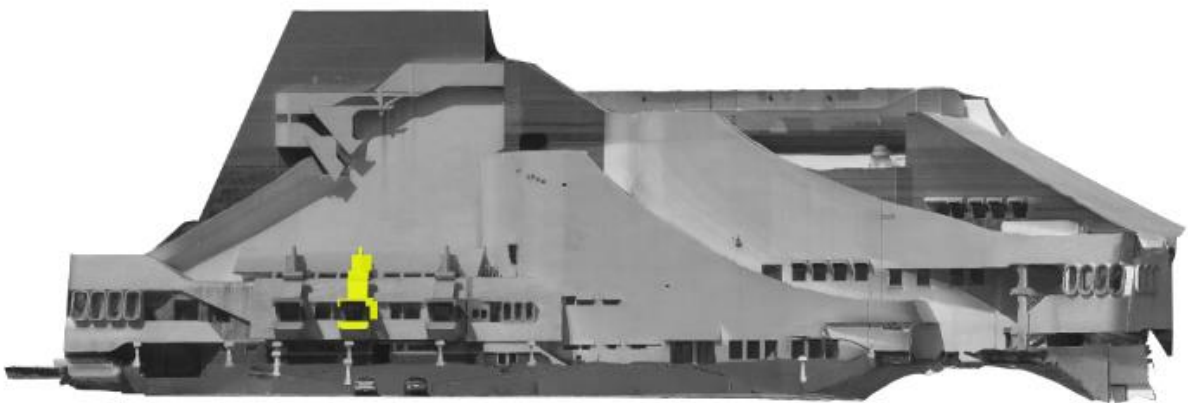

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

## Superficie 8

Pieza 8	
Área superficial de la pieza:	49.15m <sup>2</sup>
	
<div><p><b>Measure</b></p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 49.15</p><p>Volume: 10.99*</p><p>Center of Mass:</p><p>18.867, -1481.804, -96.499</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 2.724</p><p>Y: 6.799</p><p>Z: 6.996</p><p>New Floater Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

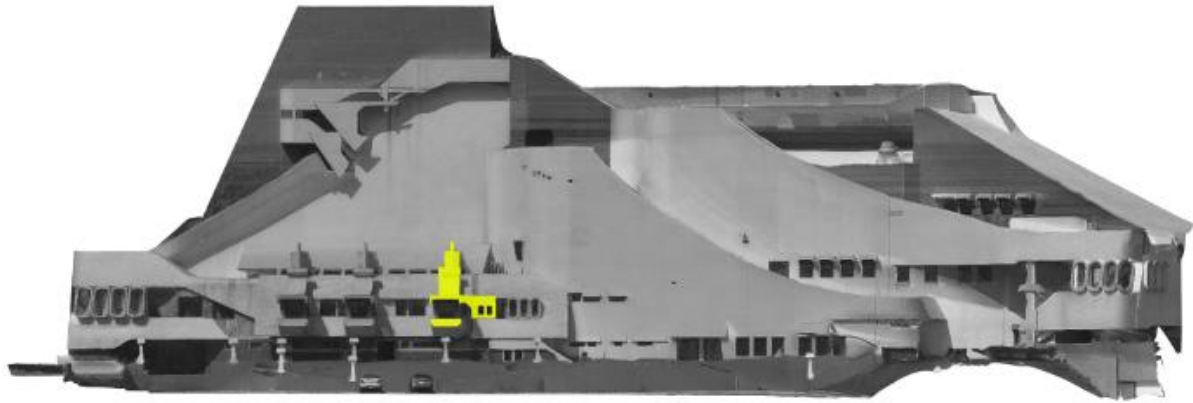

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Superficie 9

Pieza 9	
Área superficial de la pieza:	44.75m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ Measure</p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 44.75</p><p>Volume: 7.91*</p><p>Center of Mass:</p><p>23.573, -1480.813, -96.986</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 3.592</p><p>Y: 6.798</p><p>Z: 6.118</p><p>New Floater   Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



## Superficie 10

Pieza 10	
Área superficial de la pieza:	45.62m <sup>2</sup>
	
<div><p><b>Measure</b></p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 45.62</p><p>Volume: 11.65*</p><p>Center of Mass:</p><p>30.09, -1481.221, -96.423</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 5.082</p><p>Y: 7.063</p><p>Z: 6.026</p><p>New Floater Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017





Superficie 11

Pieza 11	
Área superficial de la pieza:	24.73m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ Measure</p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 24.73</p><p>Volume: -0.35*</p><p>Center of Mass:</p><p>-2.762, 524.59, 32.497</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 11.85</p><p>Y: 2.368</p><p>Z: 1.67</p><p>New Floater Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Superficie 12

Pieza 12	
Área superficial de la pieza:	28.65m <sup>2</sup>
	
<div><p>▼ <b>Measure</b></p><p>default</p><p><input type="checkbox"/> Lock Selection</p><p>Objects</p><p>Surface Area: 28.65</p><p>Volume: -0.83*</p><p>Center of Mass:</p><p>-46.682, 1225.784, 80.631</p><p>Create Center Point</p><p>Shapes</p><p>Length: ---</p><p>Dimensions</p><p>X: 11.157</p><p>Y: 2.202</p><p>Z: 2.326</p><p>New Floater   Close</p></div>	<p>Superficie resaltada:</p> 

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

## Estado actual de la Fachada Este del CCMAA





Isométrico  
Escala 1 : 10



Universidad San Carlos  
De Guatemala  
Facultad de arquitectura

Proyecto:  
Levantamiento fotogramétrico en arquitectura moderna de guatemala, aplicada a la fachada este del CCMAA

Dibujado por:  
**E. Alexandro Bailey Leonardo**  
Carnet:  
201016663

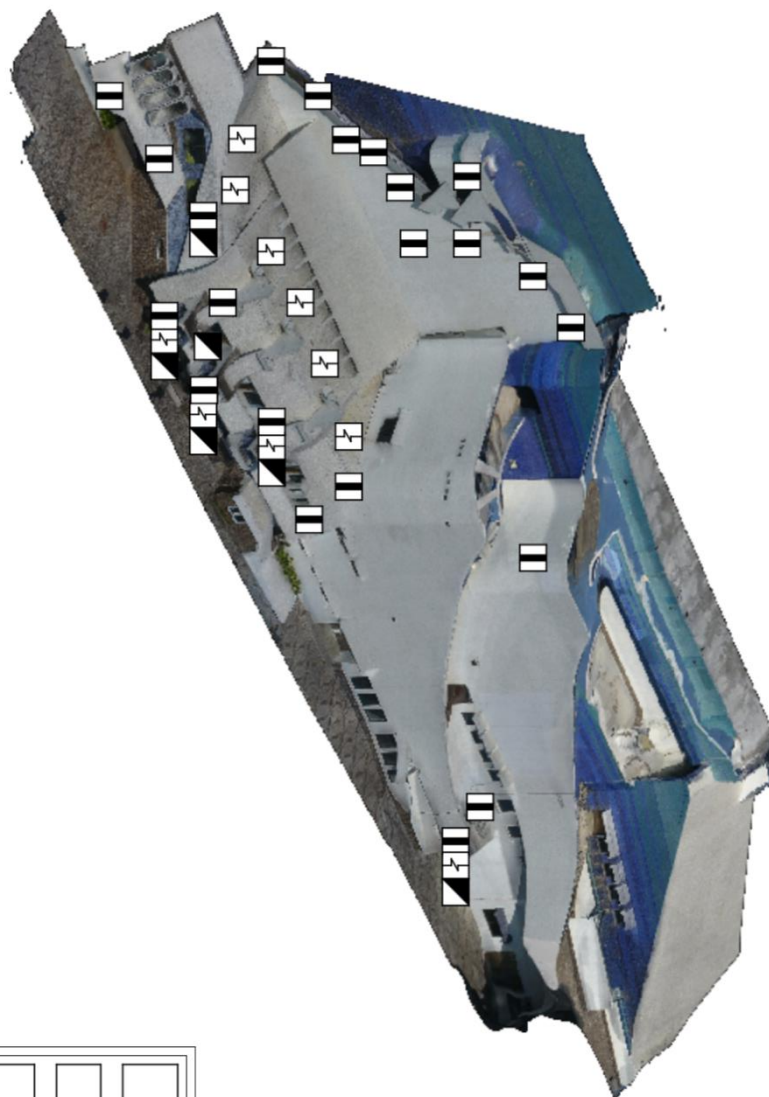
Contenido:  
Fachada Este

Hoja:

6

Escala:  
1:250





# Deterioros Físicos

Escala 1 : 10

Simbología	
	Humedad
	Agrietamiento
	Desprendimiento



Universidad San Carlos  
De Guatemala  
Facultad de arquitectura

Proyecto:  
Levantamiento fotogramétrico en arquitectura moderna de Guatemala, aplicada a la fachada este del CCMAA

Dibujado por:  
E. Alejandro Bailey Leonardo  
Carnet:  
201016663

Contenido:  
Fachada Este

Hoja:

7

Escala:  
1:250





## **Mosaico veneciano**

El mosaico veneciano es un elemento de vidrio de color, de pequeñas dimensiones. Creadas especialmente para el arte, su proceso de fabricación sigue siendo artesanal y no ha cambiado en más de 2000 años.

Los únicos países fabricantes de este material en la actualidad son Italia, Francia, México y Argentina. (Mosaico veneciano: su historia, 2016)

## **Causas del deterioro**

Los principales deterioros del recubrimiento de mosaico veneciano de la Fachada Este del CCMAA se derivan de la exposición a causas extrínsecas de acción prolongada.

### *Agentes físicos de deterioro*

Son aquellos agentes de deterioro que involucran energía

#### *Temperatura*

El material de mosaico está totalmente expuesto a la incidencia solar, la cual eleva la temperatura de la superficie de la fachada. Además, provoca dilatación y contracción del material. Si la temperatura del mosaico se eleva mas que la del mortero, el mosaico tendrá una mayor dilatación agrietando el mortero. Esto se traduce en fisuras y agrietamientos y aumenta la permeabilidad de la superficie.

#### *Luz*

Decolora los pigmentos del elemento.

### *Agentes químicos*

Son sustancias que producen cambios en los materiales.

#### *Agua*

Es el agente de deterioro más importante. En presencia del agua se desarrollan agentes biológicos, y contaminantes atmosféricos y los introduce en los materiales. Transporta sales a través de piedra y morteros, provocando debilitamiento y cambios.

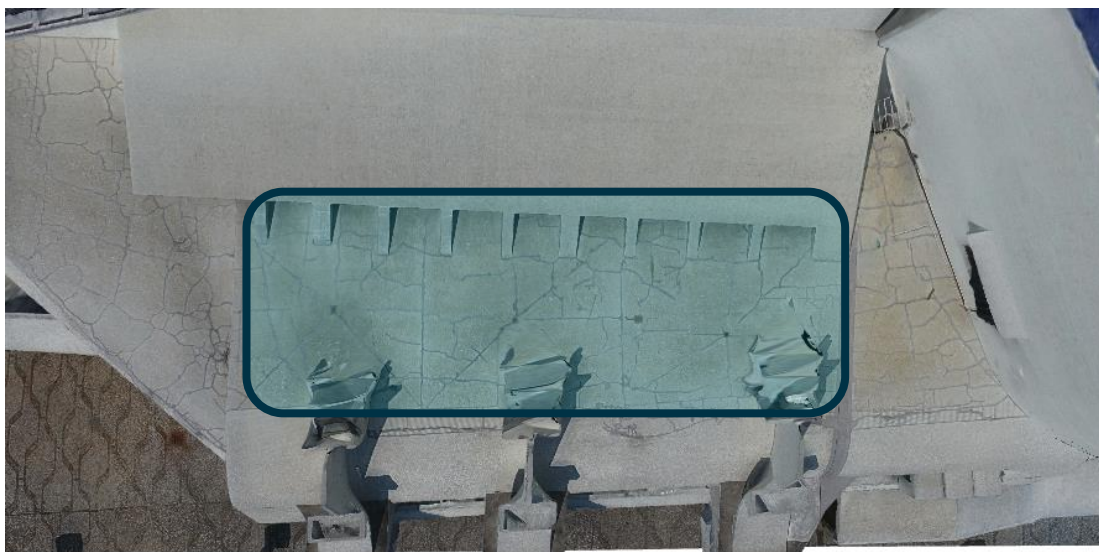
## **Causas Climáticas del deterioro**

### *Lluvia*

La acción de la lluvia en los monumentos es una de las causas de deterioro físico-químicos, causan filtración y humedad.

Descuidos en la planificación original de la volumetría del edificio dan como resultado el estancamiento de agua de lluvia en algunas cubiertas, y la carencia de drenajes provoca que el agua escurra por la superficie de la fachada.

El agua estancada, el escurrimiento y la humedad en las superficies logran penetrar las capas del acabado, esto afecta al mortero de pegamento que pierde adherencia entre la superficie y el mosaico.



*Ilustración 105 Agrietamiento por efectos del agua*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 106 Desprendimiento de material*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017



*Ilustración 107 Presencia de humedad*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

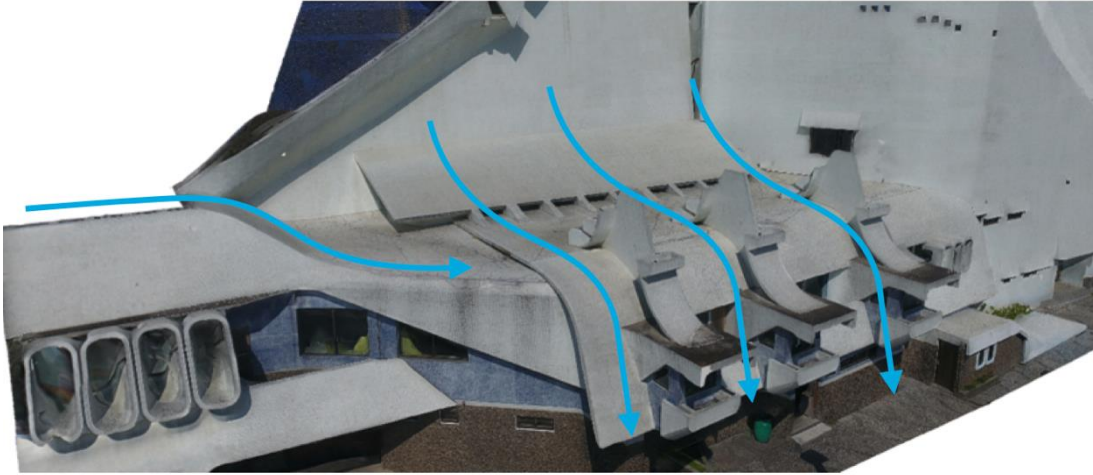
## **Análisis**

La naturaleza del agua es fluir con la gravedad. Un drenaje definido encausa el agua en único camino, sin embargo, ante la ausencia de un drenaje planificado, el agua busca su propio camino actuando por gravedad. Las formas singulares de la volumetría de la fachada complican la implementación de un drenaje sencillo y en su lugar, las formas sinuosas de los elementos de cubierta complican el flujo del agua, magnificando el área de incidencia del problema de filtración y humedad.

Hay muchas zonas de la superficie que, por deficiencia en el diseño formal, provoca un estancamiento prolongado de agua de lluvia. La exposición prolongada a la humedad deteriora no solo la capa superficial del acabado, que en este caso es mosaico veneciano, sino que llega a provocar daños en el mortero empleado para fijar el mosaico y peor aun, afecta la estructura del núcleo, el concreto armado con el que se erigió la construcción original.

En las superficies curvas, el agua fluye naturalmente por la superficie y deja rastro de su paso. Las zonas focalizadas donde se presenta este inconveniente presentan manchas de humedad y en las zonas más críticas existe un desprendimiento completo del material de mosaico.

En total, la Fachada Este del CCMAA está cubierta por un total de 1526.74 m<sup>2</sup> de mosaico veneciano blanco que, en su gran mayoría, presenta síntomas de deterioro avanzado y crítico.



*Ilustración 108 Representación de escurrimiento de agua de lluvia en la superficie de la fachada.*

Fuente: Alexandro Bailey Leonardo, 2017

Es necesario intervenir el problema y solucionarlo de raíz. Es necesario renovar el acabado de la superficie en aras de conservar la integridad del núcleo constructivo del edificio. Para esta labor, se requiere utilizar un material cuyas características correspondan a las del material empleado originalmente en la construcción. No se debe sustituir el material por un material moderno cuyas propiedades sean distintas ya que esto afecta el acabado estético, resta valor histórico al bien patrimonial. Es necesario remover el mosaico dañado con todo y el mortero para liberar el núcleo de la forma y así poder vestirlo con material nuevo que lo proteja de los agentes climáticos de deterioro y mantener el sentido artístico de la esencia cultural del edificio.

# **Manual de Aplicación – Fotogrametría Digital de Rango Corto**

---





# Fotogrametría digital de rango corto para aplicaciones de arquitectura

Ernesto Alejandro Bailey Leonardo  
Guatemala, 2018

1



# INTRODUCCIÓN

Los softwares digitales que existen en el mercado, hoy en día, permiten crear reconstrucciones virtuales de cualquier objeto, sin importar su escala, y convertirlo a un modelo digital tridimensional a partir de un escaneo fotográfico bidimensional. Esto gracias a los avances en la fotogrametría digital, que consiste en realizar intersecciones de puntos de referencia en dos o más fotografías para poder realizar medias en distintas perspectivas de un mismo objeto y así obtener su digitalización precisa. Si bien estos softwares realizan automáticamente, mediante algoritmos, los procesos que antiguamente se realizaban de manera analógica para realizar las intersecciones de los puntos de referencia, es necesario conocer el correcto uso de los programas digitales, así como todos los pasos previos necesarios para poder digitalizar la información, desde el escaneo fotográfico, la iluminación de los objetos, las distancias entre la cámara fotográfica y el objeto, el Angulo de separación entre cada captura fotográfica, la cantidad de fotografías necesarias, hasta la documentación completa de planos, análisis de la información y representaciones virtuales tridimensionales.



DEFINICIONES	HISTORIA	SOFTWARE	PROCESO	EQUIPO	RECOMENDACIONES
DEFINICIONES					
<p><b>Patrimonio:</b> Bienes culturales inestimables e irremplazables de la humanidad, pues representan una simbología histórico-cultural particular para los habitantes de una cierta comunidad. Al ser elementos de valor excepcional desde el punto de vista no solo histórico, sino artístico, científico y tecnológico, estos requieren su conservación, progreso y difusión. <sup>1</sup></p> <p><b>Monumento:</b> Obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia.</p> <p><b>Levantamiento Arquitectónico:</b> Reconocimiento físico de un objeto arquitectónico realizando mediciones para obtener todas las dimensiones y geometrías de una edificación. <sup>2</sup></p> <p><b>Fotogrametría:</b> Es la técnica cuyo objetivo es estudiar y definir la forma y las dimensiones de un objeto cualquiera en el espacio de manera precisa, a partir de la intersección de dos o más fotografías. En términos generales, la fotogrametría se puede definir como las medidas de lo escrito con luz.</p> <p><b>Point Cloud:</b> Nube de puntos, es un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional. Estos vértices se identifican habitualmente como coordenadas X, Y, y Z y son representaciones de la superficie externa de un objeto. Además, contienen información de color y textura.</p>					
<p>1. UNESCO 1972) 2. Idem</p>					3

DEFINICIONES	HISTORIA	SOFTWARE	PROCESO	EQUIPO	RECOMENDACIONES
<p><b>Croquis:</b> Dibujo o esbozo rápido y esquemático.</p> <p><b>Escaneo 3D:</b> Captura de información de la geometría, y en algunos casos geolocalización de un objeto o espacio.</p> <p><b>Software:</b> Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.</p> <p><b>Realidad Aumentada:</b> Combinación del mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de comunicación.</p> <p><b>Mesh:</b> Malla de Triángulos, Es una superficie creada mediante un método tridimensional generado por sistemas de vértices posicionados en un espacio virtual con datos de coordenadas propios.</p>					

## CAPITULO 1

# FOTOGRAFÍA DIGITAL



La fotogrametría es una ciencia que está ligada a los avances de la tecnología. El origen radica en el descubrimiento de la fotografía, término que fue utilizado por primera vez en 1839 por John Herschel, y la publicación del proceso fotográfico. La palabra se deriva del griego Foto "luz" y Grafos "escritura". Es por esto que la fotografía se define como el arte de pintar o escribir con luz. En 1849 el francés Aimé Laussedat, quien es conocido como el padre de la fotogrametría, realizó investigaciones sobre el uso de la fotografía para realizar mapas topográficos. En el año 1858 empezó a utilizar una placa de vidrio, cometas y globos para hacer fotogrametría aérea y en 1867 exhibió el primero "fototeodolito" junto a un mapa preciso de París que realizó con dicho instrumento.

A diferencia de la información bidimensional de la geometría de un objeto obtenida a partir de una sola fotografía, al trabajar con dos fotos, se genera una zona de traslape que permite tener una visión estereoscópica el objeto y recopilar información tridimensional.

El método fotogramétrico se basa en la obtención de dos fotografías desde dos puntos de vista diferente. Estas fotografías se realizan conociendo una serie de parámetros del equipo fotográfico y del objeto, de forma que se pueda reproducir a posteriori la misma situación que cuando se realizó la toma y por tanto reconstruir el modelo original y ser capaces de medir sobre él y materializar esta medición en un plano. Para poder reconstruir el modelo se necesitan unos parámetros que permitan situar los fotogramas en una posición similar a cuando se tomaron las fotografías, para ello, los softwares digitales realizan procesos automáticos en base a algoritmos matemáticos para conocer las coordenadas espaciales de una serie de puntos del objeto, mediante puntos de referencia. Estos puntos permiten conocer la escala a la que estamos creando el modelo y por tanto poder variarla. La fotogrametría permite definir con precisión, la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto, partiendo de medidas realizadas sobre fotografías del mismo.<sup>3</sup>

3. (Arce, y otros 1999)

DEFINICIONES


Fotogrametría

SOFTWARE

PROCESO

EQUIPO

RECOMENDACIONES



*Ilustración 1 Puntos de referencia intersectados*

**Fuente: Autodesk ReMake - How to Take Photos for Photogrammetry.**

3. (Arce, y otros 1999)

8



Una de las principales aplicaciones de la fotogrametría es la cartografía, ya sea topográfica, temática, catastral, etc. Sin embargo, la aplicación de esta ciencia se extiende a más campos de acción como la agronomía, ortofotografía, arquitectura, planificación territorial, arqueología, control de estructuras, etc.

En el campo de la arquitectura, la fotogrametría tiene una gran variedad en su aplicación. Es útil desde la digitalización de una escultura, un objeto de mobiliario doméstico, hasta una gran edificación patrimonial con fines de conservación. En la preservación del patrimonio, la ventaja de esta técnica permite crear una reconstrucción virtual precisa del objeto de estudio. Este objeto digital ofrece la oportunidad de realizar muchos análisis de información que no es perceptible a simple vista. Al eliminar las texturas del modelo, es posible reconocer alteraciones, daños y fallas estructurales que de otra manera no pueden ser reconocidas. Es posible crear un mapa de colores en base a la normal de cada superficie del modelo, realizar un análisis morfológico basado únicamente en la geometría. Si todo el trabajo fotogramétrico se realiza de una manera correcta, el nivel de precisión que se puede llegar a alcanzar con estos métodos es milimétrico.

Todo este análisis de información, de la mano de un especialista en la materia, abre una nueva ventana de posibilidades en la toma de decisiones de procesos de conservación y restauración de monumentos, permitiendo tomar de una mejor manera, con un criterio más amplio, las decisiones en cuanto a las intervenciones que se pueden realizar en el patrimonio arquitectónico. Además, esta técnica es útil en trabajos de remodelación, ampliación y reciclaje de construcciones. Los campos de aplicación de la fotogrametría se extienden a todo lo que la arquitectura abarca como tal.

## CAPITULO 2

# SOFTWARES NECESARIOS



Tomando en cuenta muchos aspectos diferentes en cuanto a ventajas y desventajas de cada programa de aplicación en la fotogrametría disponible en el mercado actual, se optó por utilizar los programas desarrollados por Autodesk inc. Los principales criterios de selección se basaron en la posibilidad de tener una certeza de compatibilidad entre los programas que formaran el flujo de trabajo. La garantía de soporte del software a largo plazo, previendo que los programas desarrollados por pequeñas empresas pueden llegar a desaparecer en algún momento. La posibilidad de utilizar los servidores de Autodesk, para realizar procesamiento de información en la nube digital, reduciendo la inversión en equipo especializado para realizar los trabajos necesarios y la posibilidad de exportar la información en diferentes formatos, en caso de ser necesario migrar a un ecosistema diferente al de Autodesk, si la característica de un proyecto así lo requiere. Los programas seleccionados, en orden de aplicación en el flujo de trajo, son los siguientes:

- Autodesk ReCap.
- Autodesk Remake.
- Autodesk 3D Studio Max.
- Autodesk Revit.

3. (Arce, y otros 1999)





Reality Capture & 3D Scanning Software. Este programa en particular permite convertir cualquier objeto del mundo real en una nube de puntos o Point Cloud para modelado conceptual, realizar medidas precisas, hacer anotaciones con las partes que sean relevantes del proyecto. Ya sea que se trate de un escaneo fotográfico, o un escaneo con láser 3D, los resultados son precisos y los procesos toman poco tiempo.

Sus diferentes herramientas ofrecen la posibilidad de realizar análisis críticos a un nivel de detalle muy profundo, ya que existe la posibilidad de eliminar la perspectiva de la cámara fotográfica y poder obtener vistas ortogonales del objeto. Es posible eliminar las texturas y el color para apreciar de una manera más neutral, todos los relieves que presentan las superficies de los objetos analizados, haciendo evidente lo que no es posible ver en una inspección visual y fotográfica normal.

Las herramientas de edición son bastante básicas, como la posibilidad de seleccionar algunas áreas de interés del objeto y aislarlas en una vista para poder analizarlas con más facilidad, ya sea en una vista con perspectiva, ortogonal, con color, o en escala de grises. El modelo también se puede depurar, eliminando objetos que no sean necesarios o formen parte del elemento de interés.

Este es un programa útil para generar el modelo 3D que se genera a partir de fotografías o escaneo láser, para luego analizar en gabinete, todos los aspectos que no se pueden observar en obra, por el tiempo, la iluminación y otros factores.

Además, su vínculo con otros programas es muy amplio, ya que ofrece la oportunidad de exportar el modelo como una nube de puntos en formato .RCS, compatible con programas CAD y BIM como lo son AutoCAD y Revit. Además de modelos 3D basados en mallas poligonales o mesh compatibles con todos los softwares de modelado 3D disponibles en el mercado, exportando el modelo en formatos FBX, OBJ, RCM (específico de Autodesk ReMake), y TIF.



Este software ofrece la posibilidad de convertir fotografías o escaneos en mallas tridimensionales o mesh de alta definición. ReMake también ofrece la posibilidad de modificar el mesh según sea necesario. Puede ser optimizado, editado, realizar medidas o corregir la escala, y alinear los planos. El software posee herramientas de modelado de uso intuitivo. Su aplicación permite analizar con ingeniería inversa la construcción de los objetos, como soporte al diseño, la ingeniería, realidad aumentada, realidad virtual, cine, animación, arte, y la preservación del patrimonio y publicaciones digitales que ofrezcan experiencias interactivas en línea o en dispositivos móviles.

ReCap Photo es un programa que se adapta también al flujo de trabajo de Autodesk® ReCap 360, optimizando las reconstrucciones virtuales con sus herramientas de edición los escaneos con láser o las construcciones con fotografías.



Esta herramienta es capaz de producir animaciones, renderizaciones y modelos 3D. Una vez que se han realizado todos los análisis necesarios en las representaciones realísticas den los programas de ReCap y ReMake, las herramientas de edición y modelado de este software permiten realizar propuestas de intervenciones en los objetos, modificar las geometrías, depurar los modelos, agregar objetos, editar texturas, y principalmente exportar los modelos en una gran variedad de formatos disponibles, compatibles con cualquier programa de modelado 3D, sea desarrollado por Autodesk o por cualquier otro desarrollador.

Este programa es un vínculo eficiente entre ecosistemas digitales y es lo que permite la universalidad de software en el flujo de trabajo, asegurando así la continuidad de soporte en la información. Aun si otro programa del flujo de trabajo deja de ser actualizado y recibir soporte, 3D Studio Max ofrece la posibilidad de adaptarse a los cambios que se puedan presentar en el futuro en cuanto al flujo de trabajo.



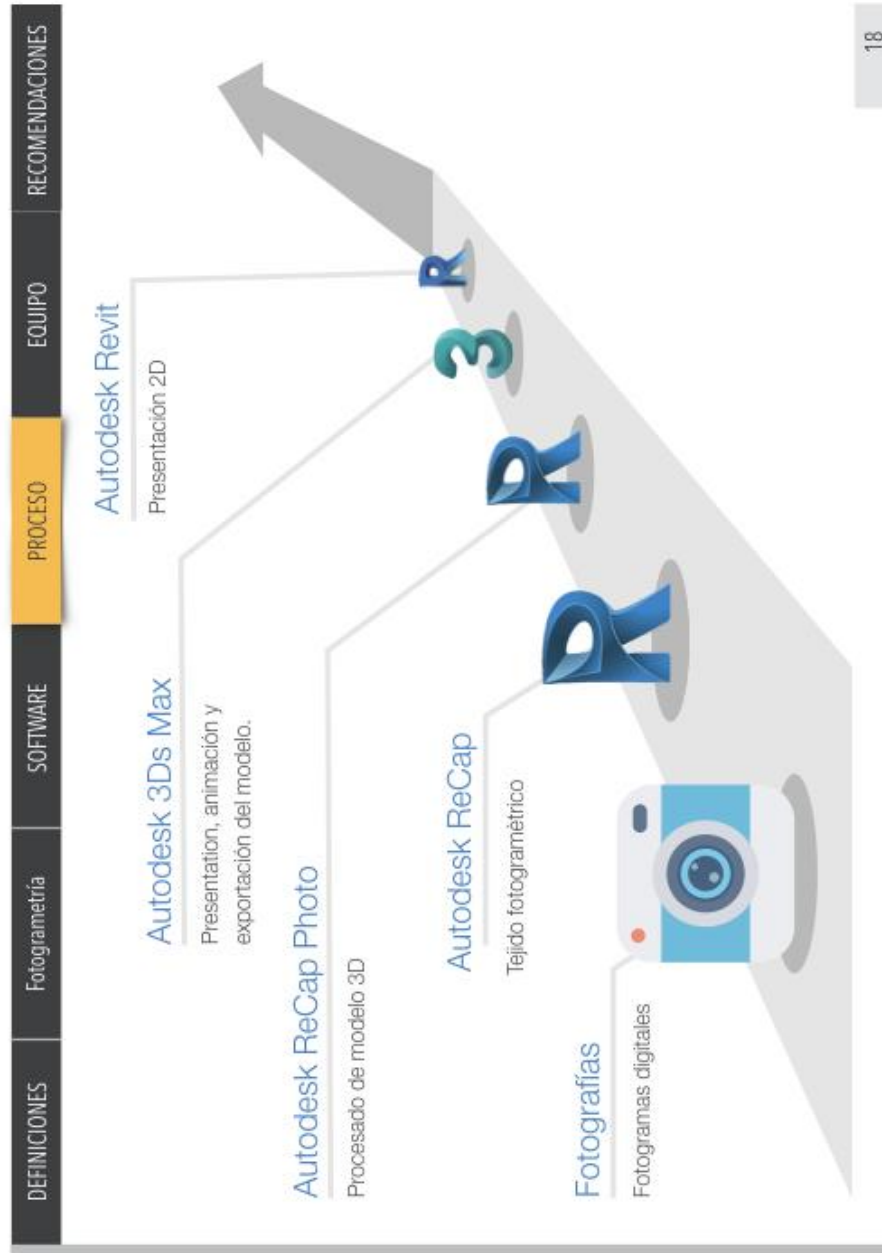
Es un software de Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. A diferencia de los programas CAD, trabajar con BIM es un método altamente eficiente, en el cual, una modificación en un plano de planta significa que todo el modelo tendrá la misma modificación, sea un plano de sección, elevación, modelo 3D etc. Esta característica simplifica los esfuerzos y el recurso de tiempo necesario para obtener la documentación completa de planos de un proyecto.

Entre sus principales características se destacan el modelado paramétrico, la colaboración en tiempo real con otros miembros de un equipo de trabajo, documentación completa desde la planificación hasta la cuantificación de materiales y presupuestos.

## CAPITULO 3

# PROCESO DE TRABAJO

17





## Equipo fotográfico:

La digitalización de un objeto se puede hacer de distintas maneras, ya sea con una cámara integrada en un teléfono celular, una cámara DSLR, utilizando trípode o cabinas especializadas con una gran cantidad de cámaras que se programan para obtener múltiples fotografías al mismo tiempo y eliminar el movimiento de objetos animados o personas. La incursión de los drones comerciales abre una nueva posibilidad en los procesos fotogramétricos, ya que ponen al alcance de la población en general, la posibilidad de obtener capturas aéreas de objetos que sean de grandes dimensiones.

Es necesario conocer las características físicas del objeto que se desea digitalizar, ya que será útil para definir las herramientas fotográficas necesarias para realizar el trabajo. No en todos los casos se requiere de un dron para realizar tomas aéreas, o si los objetos o espacios carecen de una iluminación natural, es necesario el uso de un trípode y un disparador remoto para eliminar el movimiento de la cámara en las fotografías que requieran de una larga exposición para capturar la información de luz necesaria.

Equipo recomendado para tomar fotografías.

- Cámara DSLR
- Teléfono celular de gama media – alta.
- Trípode
- Dron con cámara digital.

## Capturas fotográficas

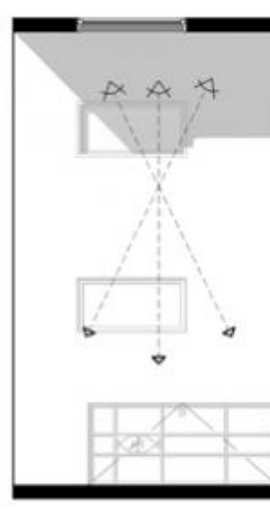
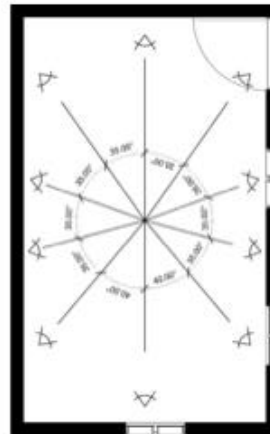
Si el objeto a fotografías permite realizar una captura fotográfica envolvente alrededor del objeto, procurando tener una separación entre fotografías de por lo menos  $35^\circ$  y mantener una distancia uniforme hacia el objeto como se muestra en la ilustración 8. Esto sirve tanto para recorridos horizontales y verticales.

Este método de capturas fotográficas resulta altamente útil en situaciones en las que el objeto a fotografiar es de dimensiones pequeñas, o para exteriores de edificaciones. Si el objeto a escanear es muy grande, se puede recurrir a la asistencia de un dron con cámara para realizar capturas aéreas y simplificar el trabajo.



2 - Capturas fotográficas

En el caso de necesitar un escaneo fotográfico de un espacio interior de algún objeto arquitectónico, se debe colocar la cámara lo mas cercano posible a los muros y realizar capturas fotográficas concéntricas, de preferencia se debe mantener la separación uniforme a un Angulo entre 35° y 40° para asegurar que haya suficiente información de traslape en las fotografías tal como se muestra en la ilustración 9. Es necesario repetir el circuito fotográfico por lo menos a 3 alturas diferentes para obtener suficiente información de pisos, muros y cubiertas como se muestra en la ilustración 10.



DEFINICIONES


Fotogrametría

SOFTWARE

PROCESO


EQUIPO

RECOMENDACIONES



# Fotografía

El mínimo para hacer una captura de realidad por medio de fotografías para aplicar un software de fotogrametría digital es entre quince a veinte, sin embargo, dependerá de las dimensiones y características del objeto. Entre más fotogramas se incluyan en el tejido fotogramétrico, los resultados tendrán más detalle y los resultados serán de mayor calidad. La cantidad de imágenes no debe ser mayor a doscientas por escena ya que el software tiene esa limitante. En caso de requerir más fotografías, se debe seccionar el objeto que se está escaneando en diferentes procesos fotogramétricos. Para mantener organizado el trabajo, es necesario ordenar las fotografías en carpetas identificándolas en base a escenas de captura.



DEFINICIONES

Fotogrametría

SOFTWARE

PROCESO

EQUIPO

RECOMENDACIONES

Tejido fotogramétrico

R

Crear un proyecto en ReCap

Una vez que se ha realizado todo el trabajo de campo en cuanto a las capturas fotográficas, es momento de llevar toda la información a un procesamiento digital utilizando el software Autodesk ReCap. Al momento de abrir el programa en una computadora, se debe seleccionar la opción "photo project" tal como se indica en la ilustración 12 con una flecha roja. Seleccionando esta opción automáticamente se abre el navegador de internet en la página de Autodesk ReCap 360, ya que todo el procesamiento de imágenes se realiza en la nube.

DEFINICIONES

Fotogrametría


SOFTWARE

PROCESO

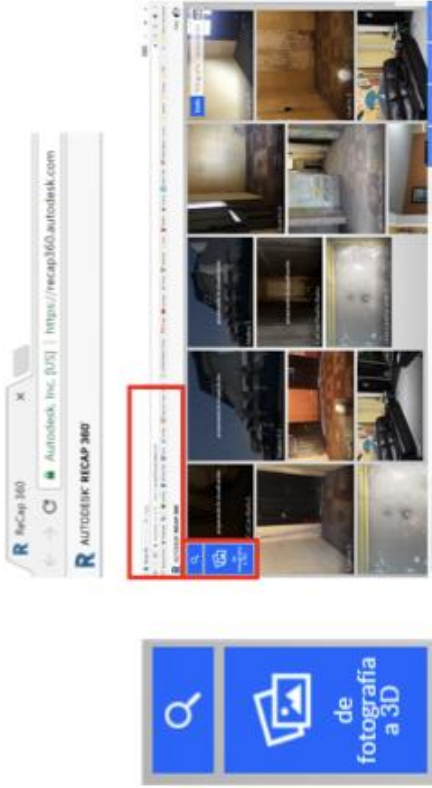
EQUIPO

RECOMENDACIONES

# Tejido fotogramétrico



La ventana del navegador de ReCap 360 se ve como la ilustración 13, en este paso se debe seleccionar la opción que dice "de fotografía a 3D". al hacer esto, se mostrará una ventana que indica que hay que seleccionar las fotografías que se desean procesar para una misma escena. En caso de tener varios puntos escaneados de un mismo objeto, se debe repetir este proceso para cada escena. En esta ventana también está la librería de proyectos que uno ha realizado, el programa automáticamente ordena una cuadrícula con y cada uno es un proyecto diferente, se puede ordenar los archivos por nombre o por fecha de creación.





La carga de fotografías se subdivide en tres sencillos pasos tal como se muestra en la ilustración 14.

1. El primero es seleccionar las imágenes buscando la carpeta donde se han guardado o si se tiene abierta la carpeta en una ventana diferente, es posible seleccionar todas las imágenes y arrastrarlas con el mouse hacia el área de ReCap 360 que dice "añadir fotografías".





2. El segundo paso consiste en una revisión fotográfica en la cual se puede establecer una medida de referencia para darle una escala al modelo (se trabaja con el metro como unidad de medida). También se pueden asignar puntos de referencia para indicarle al programa como procesar las imágenes, cada punto de referencia puede estar ubicado en 4 fotografías diferentes.







3. El tercer paso inicia con nombrar el proyecto. Posteriormente se tiene la opción de procesar una vista preliminar que restringe los formatos de exportación, o una vista en calidad *ultra* que demora mas tiempo pero habilita todas las opciones disponibles. Se recomienda mantener desactivada la opción de recorte inteligente.



DEFINICIONES

Fotogrametría

SOFTWARE

PROCESO

EQUIPO

RECOMENDACIONES

Tejido fotogramétrico

R



### Revision del modelo 3D

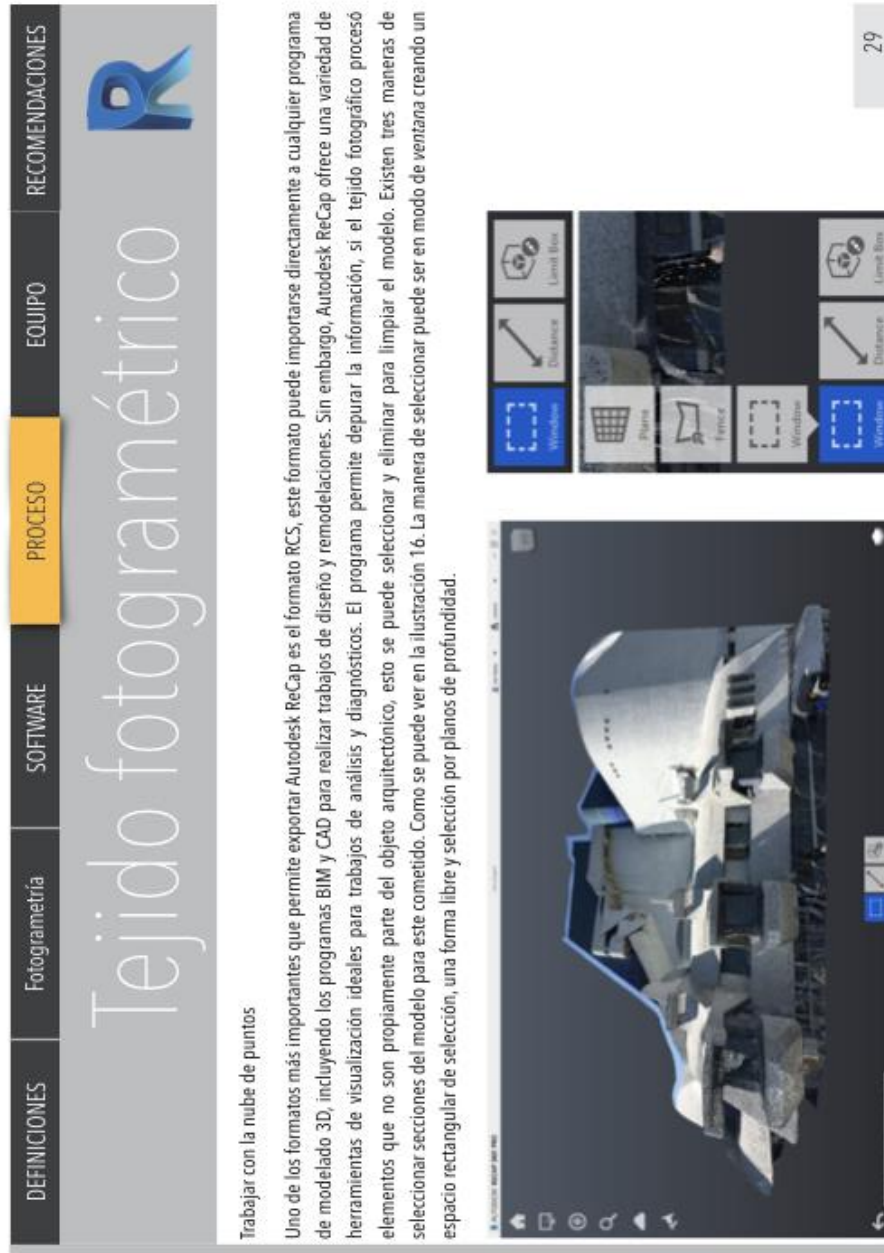
Una vez que se ha procesado el modelo, es posible hacer una revisión previa del modelo antes de descargarlo y continuar con el flujo de trabajo. Del lado derecho se pueden ver todas las fotografías que se han procesado, si alguna fotografía no fue posible procesarse, se identificará y se puede asistir al programa y agregar de manera manual, puntos de referencia a estas imágenes para que puedan procesarse con el modelo.

Existen tres maneras de visualización, se puede ver el modelo con todas sus texturas en una vista realista, es posible revisar el modelo en una vista de malla tridimensional y se puede eliminar la información de color y analizar únicamente las geometrías y volúmenes del modelo. Según se muestra en la ilustración 15.

Colocando el cursor del mouse sobre cada imagen se puede ver una proyección de la posición en el espacio en que se realizó cada captura de fotografías. Si se selecciona una imagen en concreto, el modelo automáticamente se alinea con la proyección de la fotografía para coincidir con la fotografía.

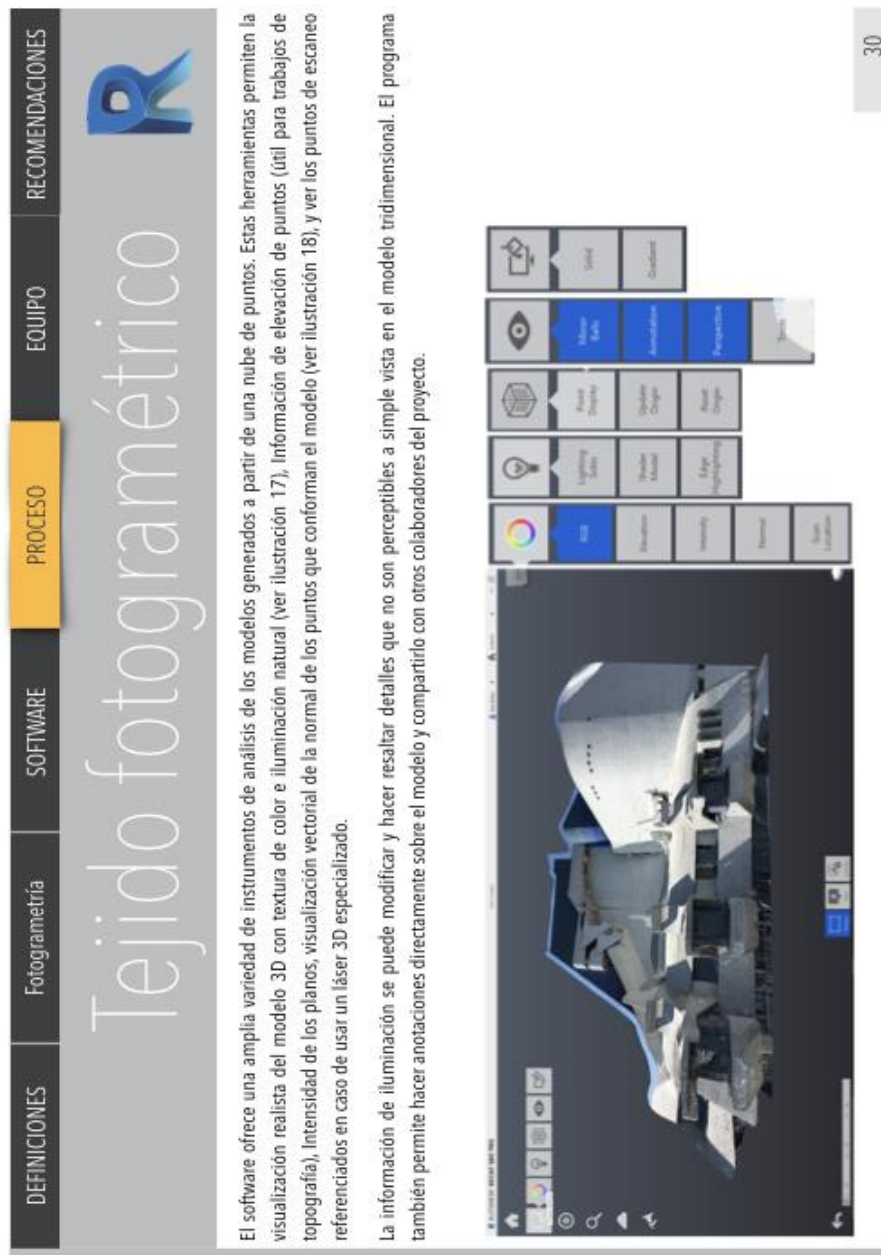
El modelo se puede orbitar completamente para ver todas las caras del objeto. Se puede rotar el objeto, girar sobre su propio eje, acercar o alejar y ajustar el modelo al tamaño de la pantalla.

Una vez que se está conforme con el tejido de imágenes en el proceso fotogramétrico y el modelo tridimensional cumple con los objetivos del proyecto. Es posible descargar el modelo en los diferentes formatos que permite exportar ReCap para continuar con el flujo de trabajo.



Trabajar con la nube de puntos

Uno de los formatos más importantes que permite exportar Autodesk ReCap es el formato RCS, este formato puede importarse directamente a cualquier programa de modelado 3D, incluyendo los programas BIM y CAD para realizar trabajos de diseño y remodelaciones. Sin embargo, Autodesk ReCap ofrece una variedad de herramientas de visualización ideales para trabajos de análisis y diagnósticos. El programa permite depurar la información, si el tejido fotográfico procesó elementos que no son propiamente parte del objeto arquitectónico, esto se puede seleccionar y eliminar para limpiar el modelo. Existen tres maneras de seleccionar secciones del modelo para este cometido. Como se puede ver en la ilustración 16. La manera de seleccionar puede ser en modo de ventana creando un espacio rectangular de selección, una forma libre y selección por planos de profundidad.



DEFINICIONES

Fotogrametría

SOFTWARE

PROCESO

EQUIPO

RECOMENDACIONES

Tejido fotogramétrico

El análisis de superficies mediante la distinta coloración de las superficies en base a la normal de la superficie de los puntos que conforman la nube, dando cuerpo al modelo 3D, es una herramienta que permite diferenciar los pequeños relieves en las superficies que, en las inspecciones visuales, no son fácilmente perceptibles. Esto enriquece la información disponible al momento de realizar diagnósticos de daños y alteraciones en las construcciones.

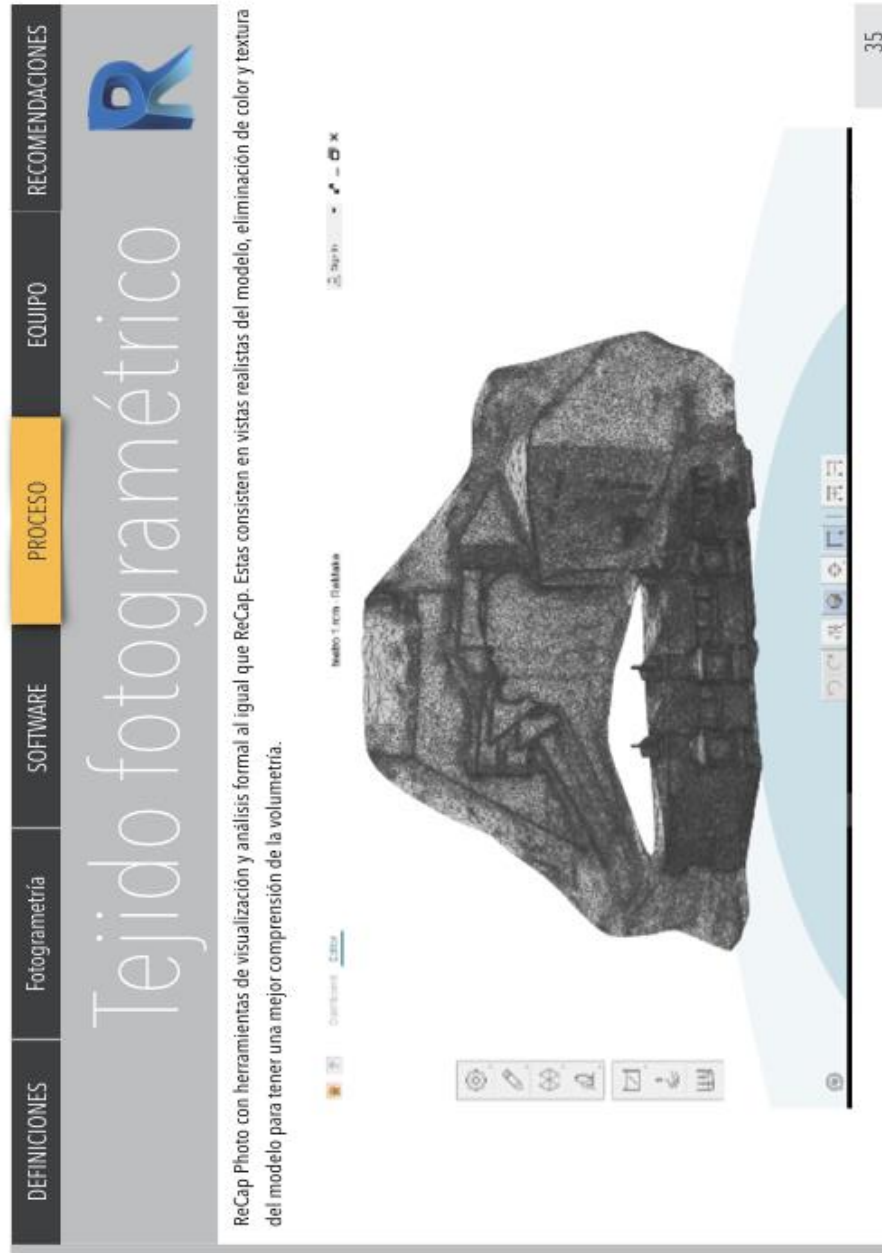


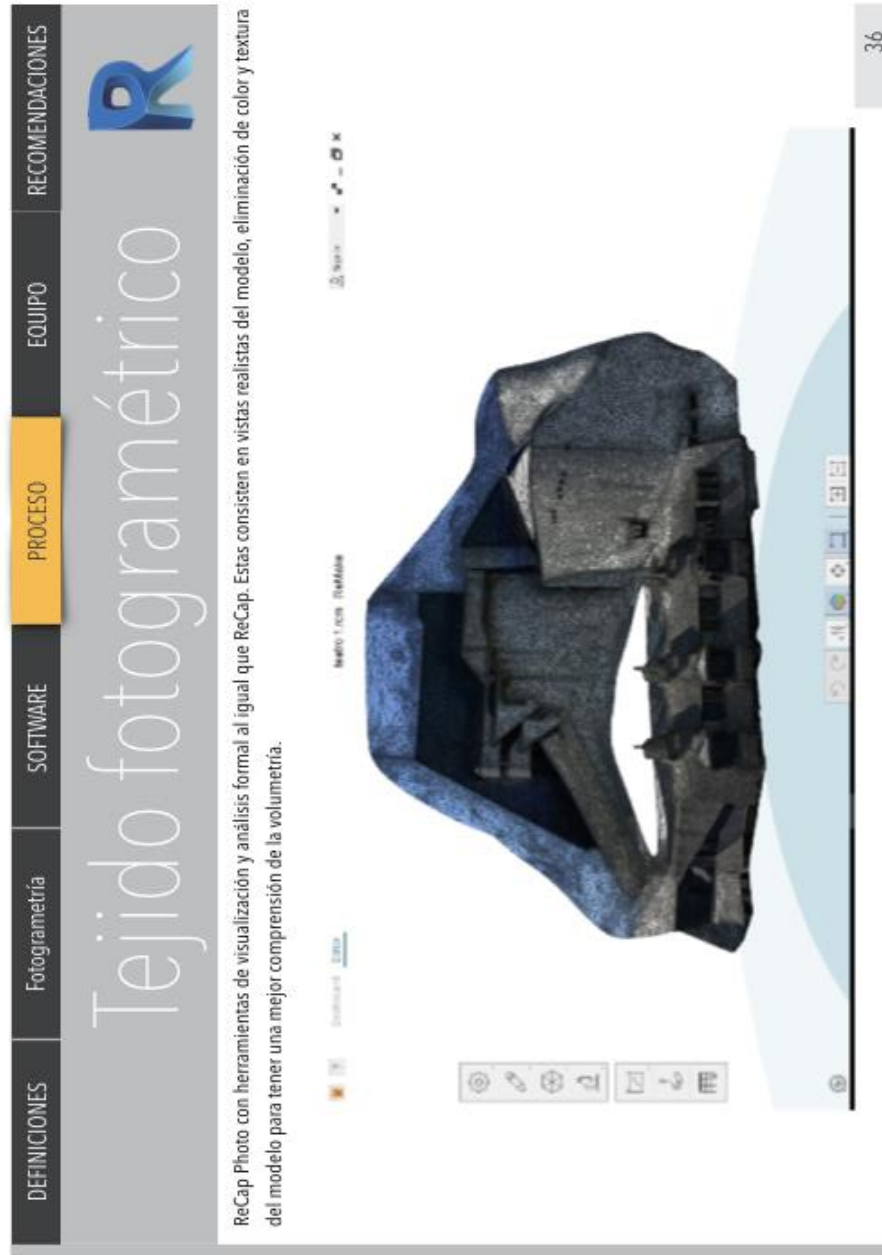


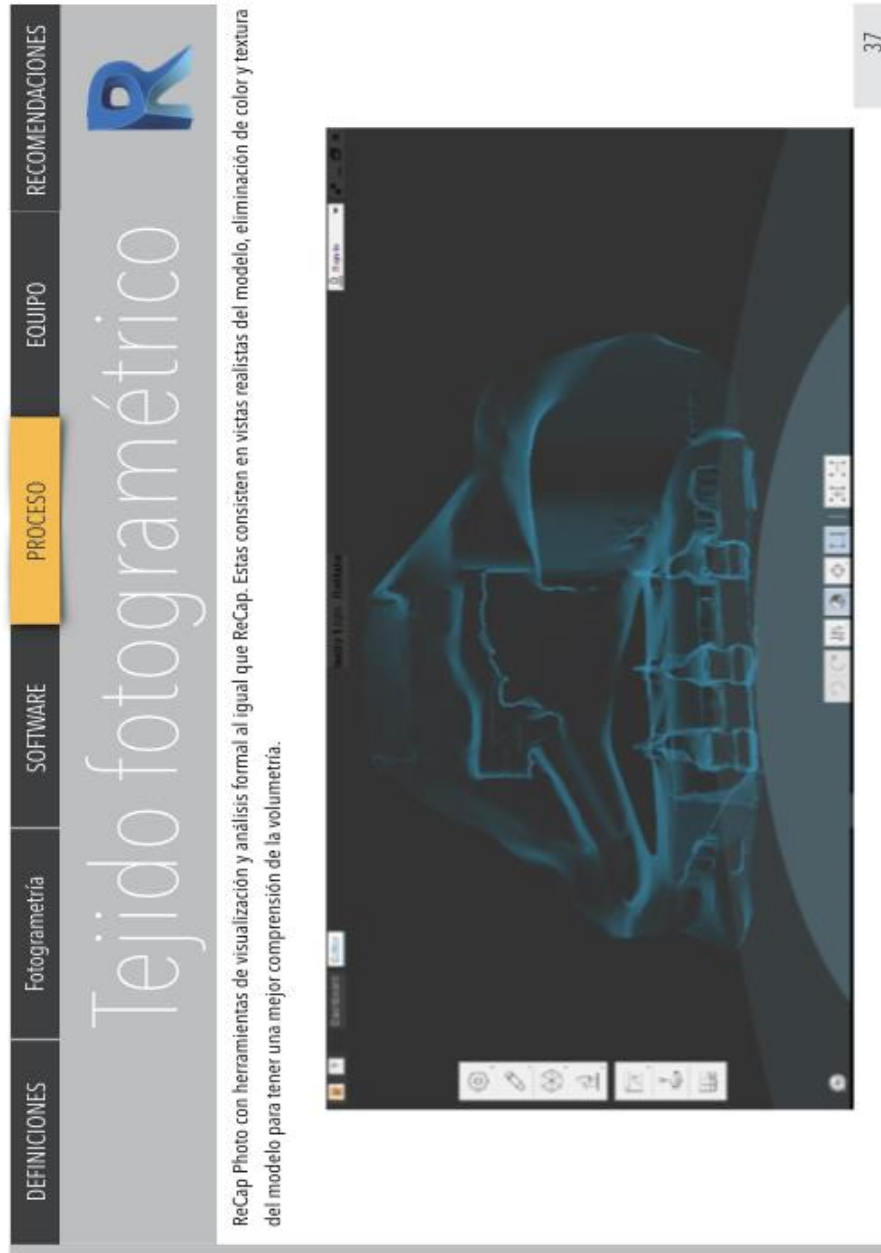












DEFINICIONES

Fotogrametría

SOFTWARE

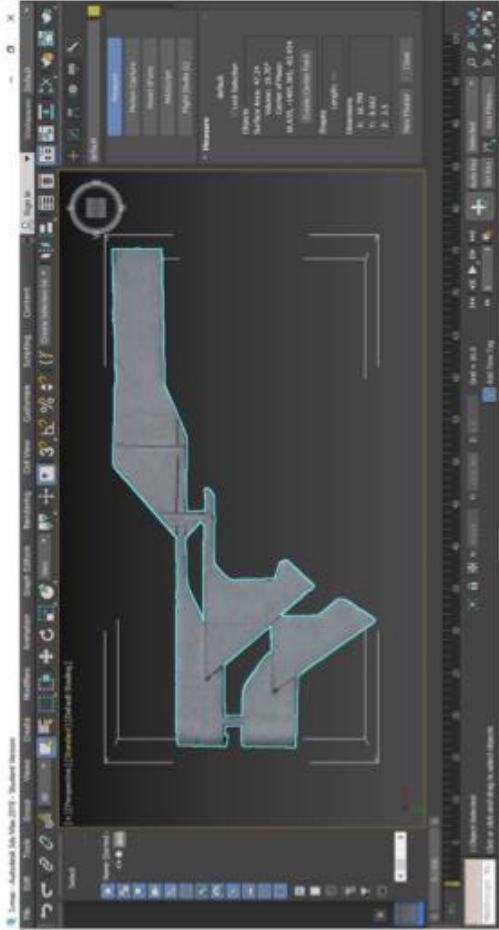
PROCESO

EQUIPO

RECOMENDACIONES

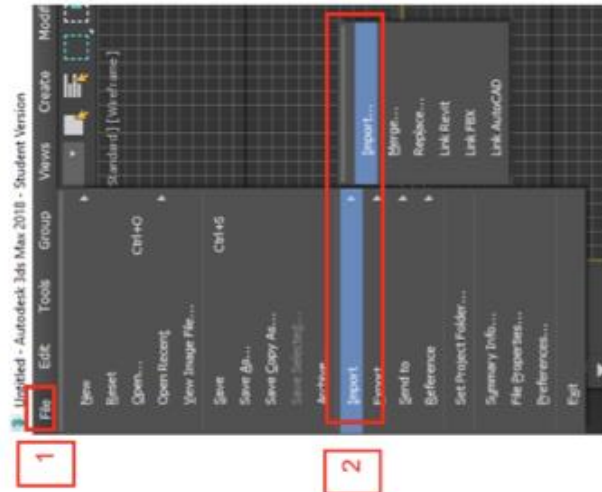
# Manipulación 3D

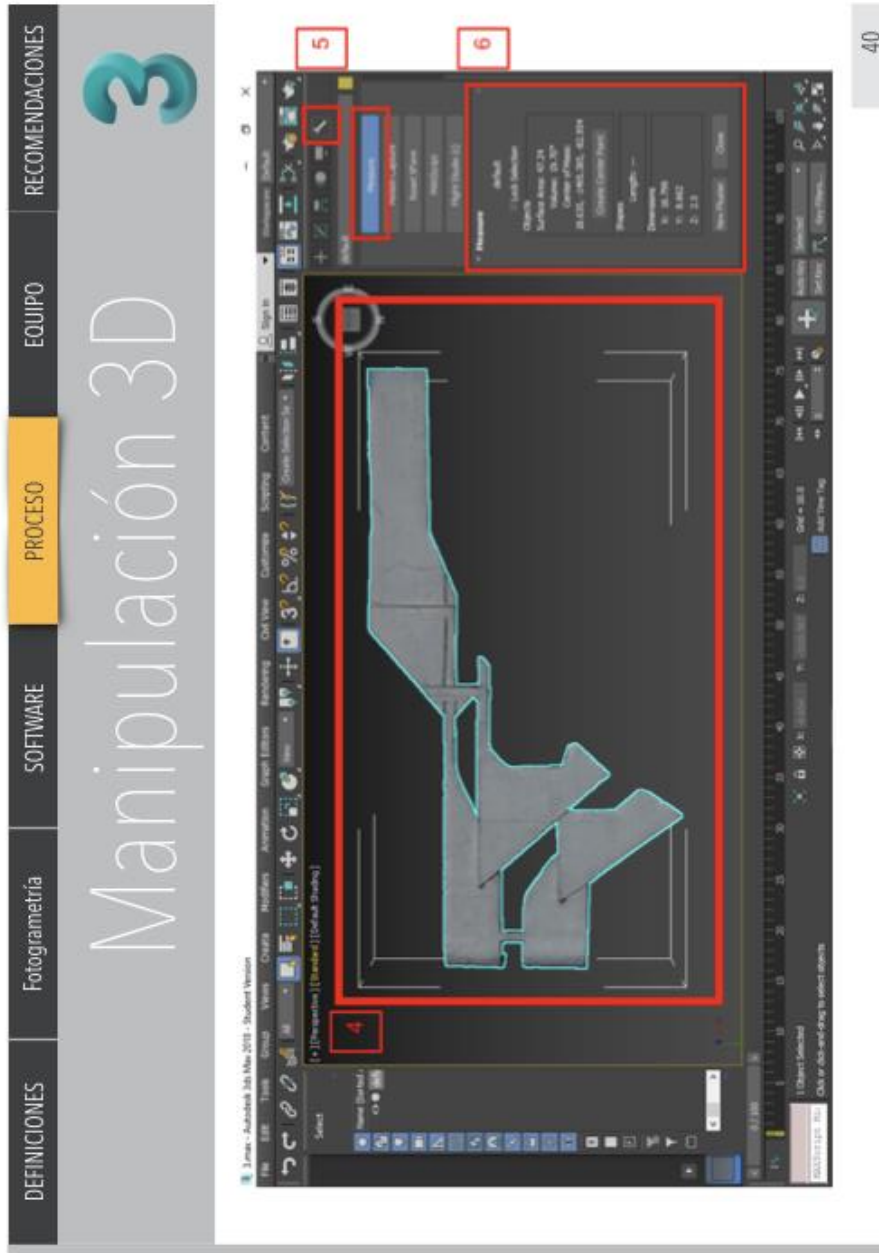
Toda la información tridimensional generada por los softwares de procesamiento fotogramétrico y nube de puntos dan como resultado un modelo que se puede convertir a una malla poligonal.



Importar el modelo al programa:

1. Abrir el programa y seleccionar la opción "File"
2. Seleccionar la opción "import"
3. Una vez finalizada la importación, seleccionar el modelo.
4. Seleccionar el panel de "utilidades"
5. Seleccionar la opción "measure"
6. Automáticamente se hará un despliegue de la información de la geometría del modelo.  
(1)Superficie de área  
(2)Volumen  
(3)Centro de masa.  
(4)Dimensiones en X, Y y Z.





DEFINICIONES

Fotogrametría

SOFTWARE

PROCESO

EQUIPO

RECOMENDACIONES

Manipulación 3D

3

6. Automáticamente se hará un despliegue de la información de la geometría del modelo.  
(1)Superficie de área  
(2)Volumen  
(3)Centro de masa.  
(4)Dimensiones en X, Y y Z.

Measure

default

☐ Lock Selection

Objects

Surface Area: 47.24

Center of Mass:  
18.635, -1495.385, -82.954

Create Center Point

Shapes

Length: ---

Dimensions

X: 16.799

Y: 8.662

Z: 2.5

New Floater

Close



Dentro del ecosistema de programas de diseño CAD y BIM de Autodesk, Revit tiene la capacidad de insertar los archivos de nube de puntos o "point cloud" trabajados en Recap cuyo formato es ".rcp". Este tipo de archivos es significativamente mas liviano y manejable que un modelo similar creado en base a una malla poligonal o "mesh", de esta manera, es más fácil realizar intervenciones virtuales a escala natural dentro del espacio de modelado con vistas de planta, elevaciones, secciones y apuntes perspectivados 3D.

Insertar en Revit una malla poligonal del mismo objeto arquitectónico, exige más recursos en cuanto a memoria, procesador, y recursos graficos de video entre otros.



DEFINICIONES

Fotogrametría

SOFTWARE

PROCESO

EQUIPO

RECOMENDACIONES

Manipulación 2D

R

Revit trabaja el modelo de la nube de puntos con vistas ortogonales, sin embargo para tener un plano arquitectónico de la Fachada Este del CCMAA no basta con la nube de puntos, ya que este elemento carece de calidad técnica para presentación que en algunos casos se requiere tal como se observa en la figura.

Integrando las funciones de Recap, Recap Photo y Revit es posible hacer un plano técnico de elevación.

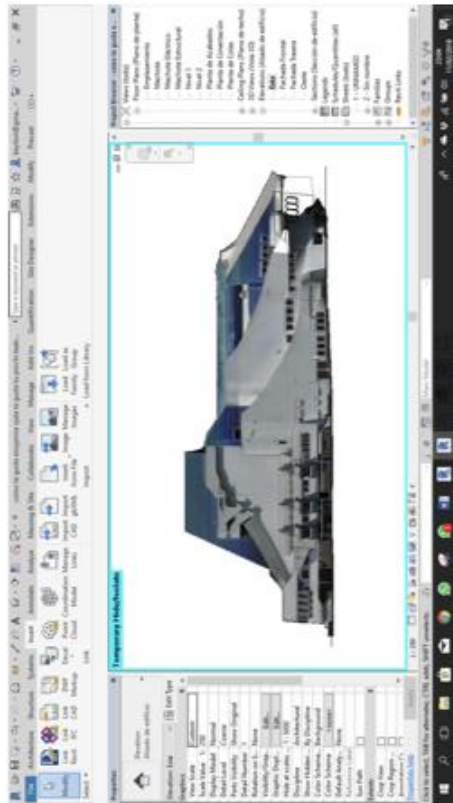
43



Debido a que el CCMAA posee una gran complejidad en cuanto a la composición plástica de sus fachadas, hay numerosos elementos que se encuentran en distintos planos.

Dentro de revit es posible insertar varias imágenes en formato ".PNG" y de esta manera trabajar el modelo por capas. Manipulando el modelo con las herramientas edición de Recap Photo, es posible generar la cantidad de imágenes ortogonales en diferentes planos de profundidad para poder tener el detalle de todos los elementos, incluso si estos están detrás de una columna, un árbol, un automóvil u otros objetos que interfieran en el campo visual del objeto arquitectónico que se está trabajando.

En la figura se observa la superposición de una imagen seccionada a una profundidad diferente, en la cual es posible ver la base del CCMAA sin la obstrucción visual de los vehículos estacionados, ni los caminamientos peatonales.



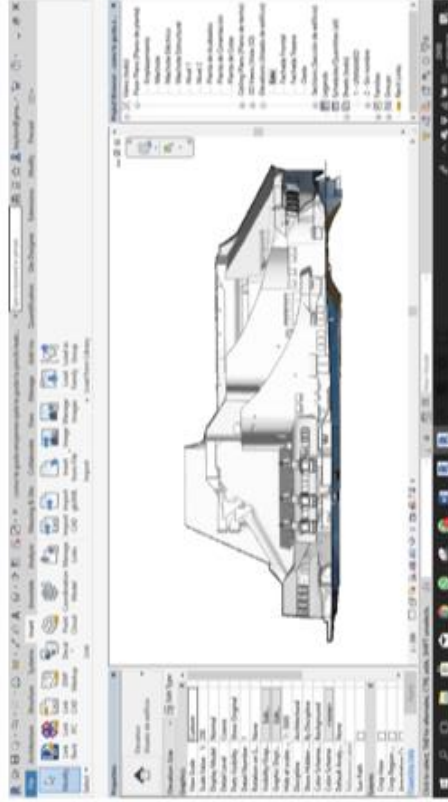
# DEFINICIONES Fotogrametría SOFTWARE PROCESO EQUIPO RECOMENDACIONES

## Manipulación 2D



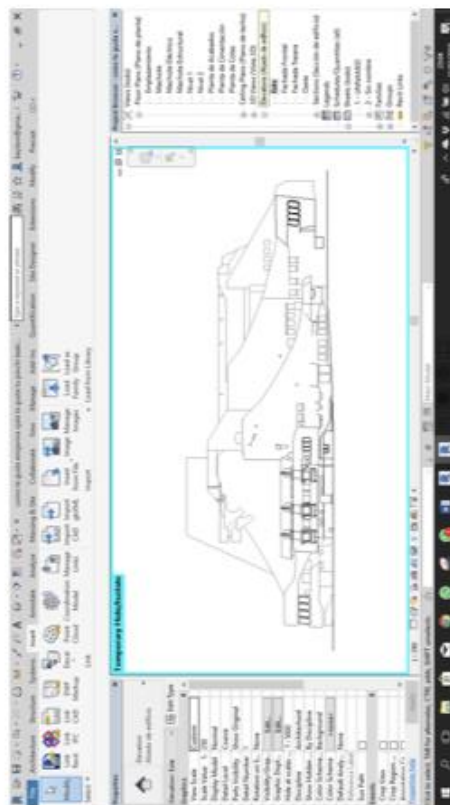
En ocasiones, la sombra propia del objeto arquitectónico o la sombra proyectada de otros elementos dificultan la comprensión de detalles al realizar tareas de dibujo sobre las proyecciones ortogonales. En Recap Photo es posible generar una visualización que elimine la información de textura y color, dejando el volumen con monocromático con información de luz y sombra.

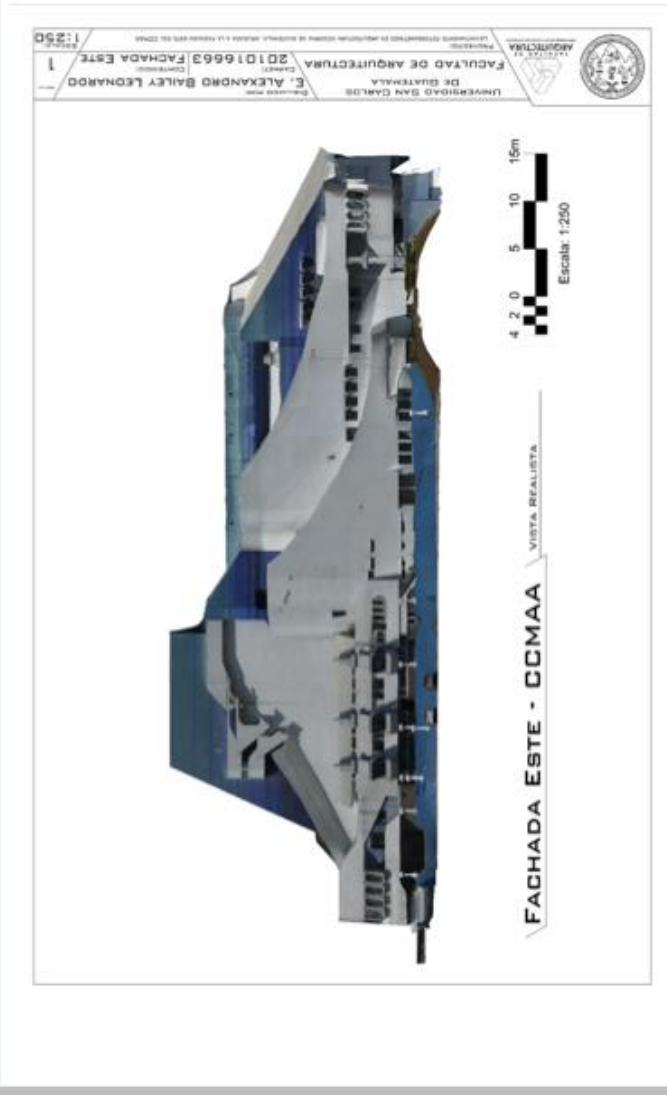
En la figura se observa una superposición de una imagen monocromática del CCMAA, de esta manera se facilita la comprensión de los volúmenes del modelo que pudieran ser confundidos en otras visualizaciones del modelo.

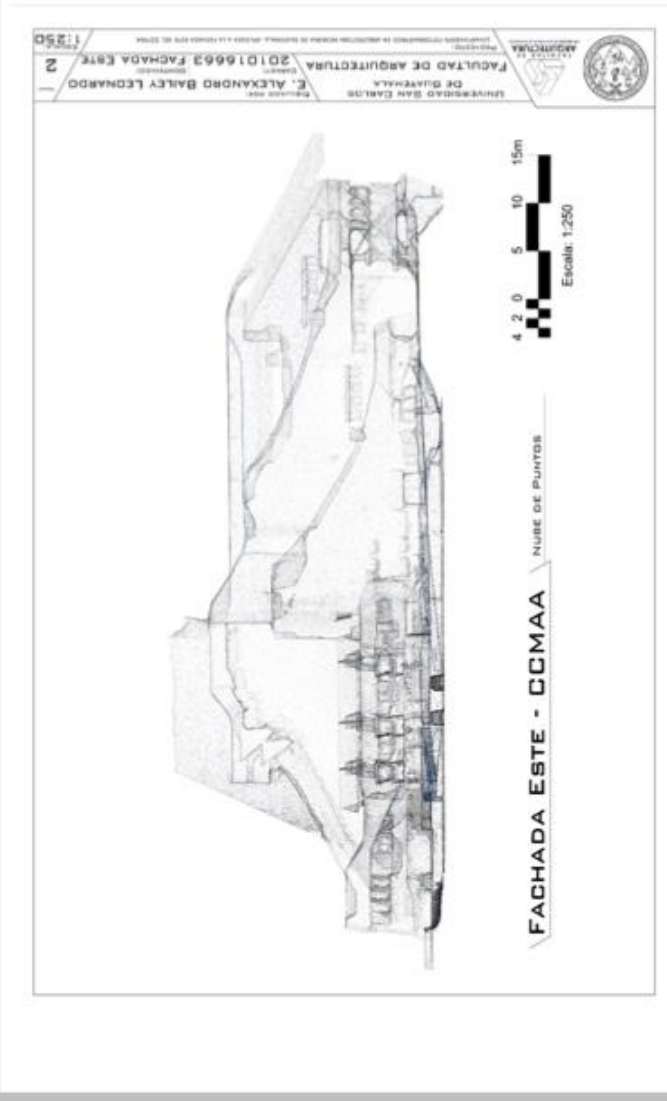


El resultado es un dibujo con lenguaje de líneas técnico y detallado del objeto arquitectónico en estudio. Este dibujo es útil para realizar anotaciones con simbología y hacer levantamiento de daños y deterioros para efectos de conservación y restauración, es posible acotar con medidas exactas, marcar niveles de elevación etc.

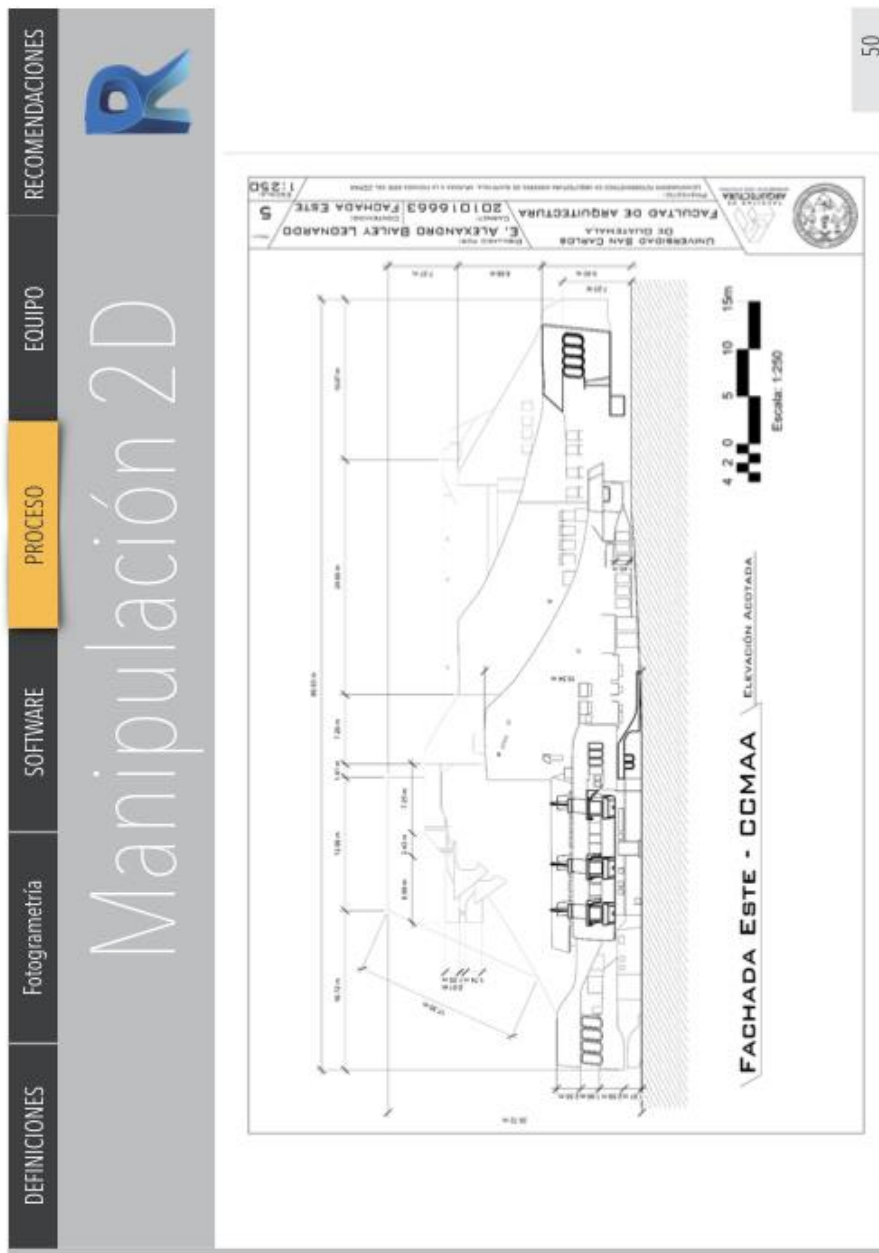
En la figura se observa el resultado final del dibujo técnico y detallado de la Fachada Este del CCMAA sin la presencia de las imágenes ortogonales en formato "PNG" ni la nube de puntos.













250 fotografías

Tomadas con un dron DJI Phantom 4

Cámara con sensor CMOS 1/2.3" de 12.4 megapíxeles, un lente formato de 35 mm y f/2.8.



DEFINICIONES	Fotogrametría	SOFTWARE	PROCESO	EQUIPO	RECOMENDACIONES
RECOMENDACIONES					
<ul style="list-style-type: none"><li>• En elementos arquitectónicos de la escala del Centro Cultural Miguel Angel Asturias, es necesario contar con fotografías aéreas que permitan tener información de las zonas que no se pueden fotografiar de otra manera.</li><li>• Se recomienda utilizar el mejor equipo de fotografía disponible para hacer los registros digitales, si bien es posible realizar un tejido fotogramétrico a partir de cualquier tipo de fotografía, la calidad del modelo dependerá de la calidad de esta.</li><li>• Es necesario planificar previamente como se hará el registro fotográfico del objeto arquitectónico ya que, si se emplea un dron en el proceso, estos tienen un tiempo de vuelo limitado.</li><li>• Si el objeto del cual se hará un escaneo digital es demasiado grande es necesario utilizar un dron para realizar capturas aéreas y así asegurar tener información completa de todo el objeto de estudio.</li><li>• Para que el software pueda interpretar certeramente las geometrías del modelo arquitectónico, es necesario que este esté iluminado de manera adecuada.</li><li>• Se recomienda utilizar una cámara fotográfica con controles manuales para manejar la exposición en las fotografías para facilitar la interpretación de texturas dentro del software fotogramétrico.</li><li>• Si es necesario realizar fotografías del objeto de estudio en distintos días, se debe considerar que las fotos se tomen a la misma hora del día para evitar que las sombras propias y las sombras proyectadas del objeto afecten el tejido fotogramétrico del modelo, ya que el software utiliza un algoritmo matemático que emplea la información de sombras en el modelo para interpretar profundidades y encontrar puntos de referencia entre dos fotogramas distintos para modelar digitalmente el modelo.</li><li>• Es necesario tener una medida física de referencia del objeto de estudio para que el modelo digital tenga una escala real. Para este efecto, es ideal incluir una escala grafica que pueda estar presente en las fotografías.</li></ul>					

## Conclusiones





- Se creó un manual de aplicación de la técnica de Levantamientos Fotogramétricos en arquitectura basado en la experiencia del escaneo de la fachada Este del CCMAA como caso de estudio. De esta manera, la técnica puede ser replicada en cualquier otro elemento arquitectónico.
- Se aplicó la fotogrametría en un elemento arquitectónico representativo de la arquitectura moderna de Guatemala, siendo este el Centro Cultural Miguel Ángel Asturias, con énfasis en la fachada Este. El CCMAA es un edificio que forma parte del conjunto arquitectónico del Centro Cívico Nacional, que, además forma parte del patrimonio cultural tangible de la nación.
- Las características expresionistas de la morfología de la Fachada Este del CCMAA significó un reto para la aplicación de la técnica fotogramétrica digital de rango corto, con una correcta aplicación, los resultados son sumamente satisfactorios en cuanto a la calidad del modelo tridimensional, la interpretación de texturas y la capacidad de realizar mediciones de distancia y área de superficies del modelo.
- Se estableció un flujo de trabajo para la aplicación de la técnica de fotogrametría digital, el cual considera todos los pasos necesarios desde la captura de fotografías, y los softwares digitales necesarios para procesar la información.
- Se comprobó que es posible obtener resultados de valor utilizando tecnología digital de vanguardia y de bajo costo. Esto resulta útil cuando los recursos económicos disponibles para realizar el registro de un objeto arquitectónico son limitados. La utilización de escáneres tridimensionales especializados como los que se basan en luz estructurada y los que utilizan tecnología laser registran mayor cantidad de información que la fotogrametría. Sin embargo, el costo de la implementación de esta tecnología en un registro digital no tiene comparación, ya que se requiere de equipo especializado y delicado, además de personal operativo certificado para su uso.
- Del tejido fotogramétrico se pueden obtener dos formatos tipos de modelo tridimensional. La nube de puntos y una malla poligonal, a pesar de que ambos son modelos que se pueden medir y modificar su escala, cada uno tiene aplicaciones diferentes según la información que se desea analizar.
- Se realizaron distintas pruebas utilizando equipo fotográfico de distintas categorías, desde la cámara de un dispositivo móvil, una cámara de acción, hasta un drone con cámara que permite obtener fotografías

aéreas. Todas las pruebas dieron resultados que superaron las expectativas.

- La prueba cuyo resultado fue óptimo para los propósitos del registro digital realizado en la Fachada Este del CCMAA, fue la que se hizo utilizando un drone para la toma de fotografías. El poder realizar tomas aéreas en distintos ángulos sobre el objeto escaneado permitió tener un modelo más completo gracias a la información presente en las fotografías.
- Con el modelo que se obtuvo haciendo un tejido fotogramétrico de las fotografías obtenidas con el drone, se obtuvo un modelo con la precisión necesaria para realizar mediciones sobre el modelo, sin embargo, fue necesario subdividir el modelo original para tener las medidas de las áreas de interés. Se manejaron 12 piezas independientes para aislar directamente las superficies cubiertas por mosaico blanco y eliminar el resto de las geometrías.
- El total de área superficial recubierta por mosaico blanco de la fachada Este del CCMAA es de 1,526.74 m<sup>2</sup>. Y se desglosan de la siguiente manera.

Superficie 1	100.11
Superficie 2	181.12
Superficie 3	47.24
Superficie 4	332.2
Superficie 5	181.52
Superficie 6	101.64
Superficie 7	390.01
Superficie 8	49.15
Superficie 9	44.75
Superficie 10	45.62
Superficie 11	24.73
Superficie 12	28.65
Total, de metros cuadrados	1526.74

Fuente: Alejandro Bailey Leonardo, 2017

## Recomendaciones







- A la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala se le recomienda la incorporación de técnicas digitales de registro arquitectónico compatibles con el curso de Conservación de Monumentos.
- A los docentes de la Facultad de Arquitectura se les recomienda implementar el tema de fotogrametría en el campo de Herramientas Digitales, Historia, y Conservación de Monumentos. Impartir conferencias como sustento teórico y la realización de ejercicios de campo de pequeña escala para desarrollar las habilidades y fortalecer el criterio de los estudiantes.
- Al Centro Cultural Miguel Ángel Asturias se le recomienda tomar en consideración toda la información generada en este documento, ya que es una oportunidad para conservar el Patrimonio Cultural Tangible de la Nación.
- En elementos arquitectónicos de la escala del Centro Cultural Miguel Ángel Asturias, es necesario contar con fotografías aéreas que permitan tener información de las zonas que no se pueden fotografiar de otra manera.
- Se recomienda utilizar el mejor equipo de fotografía disponible para hacer los registros digitales, si bien es posible realizar un tejido fotogramétrico a partir de cualquier tipo de fotografía, la calidad del modelo dependerá de la calidad de esta.
- Es necesario planificar previamente como se hará el registro fotográfico del objeto arquitectónico ya que, si se emplea un dron en el proceso, estos tienen un tiempo de vuelo limitado.
- Si el objeto del cual se hará un escaneo digital es demasiado grande es necesario utilizar un dron para realizar capturas aéreas y así asegurar tener información completa de todo el objeto de estudio.
- Para que el software pueda interpretar certeramente las geometrías del modelo arquitectónico, es necesario que este esté iluminado de manera adecuada.
- Se recomienda utilizar una cámara fotográfica con controles manuales para manejar la exposición en las fotografías para facilitar la interpretación de texturas dentro del software fotogramétrico.
- Si es necesario realizar fotografías del objeto de estudio en distintos días, se debe considerar que las fotos se tomen a la misma hora del día para evitar que las sombras propias y las sombras proyectadas del objeto afecten el tejido fotogramétrico del modelo, ya que el software

utiliza un algoritmo matemático que emplea la información de sombras en el modelo para interpretar profundidades y encontrar puntos de referencia entre dos fotogramas distintos para modelar digitalmente el modelo.

- Es necesario tener una medida física de referencia del objeto de estudio para que el modelo digital tenga una escala real. Para este efecto, es ideal incluir una escala grafica que pueda estar presente en las fotografías.

## Referencias

Arce, Ignacio, Valentín Berriochoa Sánchez Moreno, Rafael Candel Comas, Marco Antonio Garcés Desmaison, Federico Carcía Erviti, Félix Lasheras Merino, Miguel Angel López Miguel, y otros. 1999. «Tomo 2 Metodología de la restauración y de la rehabilitación.» En *Tratado de Rehabilitación*, de DCTA-UPM, 137-160. Madrid: Munilla-Lería.

archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study.» *Journal of Archaeological Science* 37(3), 499-507.

Arqys Arquitectura. 2012. *Revista Arqys*. Último acceso: 5 de enero de 2017. <http://www.arqhys.com/articulos/fachada-arquitectura.html>.

Innovae. 2016. *Blog de noticias y novedades sobre Realidad Aumentada*. Último acceso: 5 de Enero de 2017. <http://realidadaumentada.info/tecnologia/>.

Callén Álvarez, Danilo E. s.f. *Reconstrucción virtual de la Isla Topoxte*. Guatemala.

Casa América Latina. 2007. *Arquitectura Moderna en América Latina 1950-1965*. Barcelona: ETSAB.

Ceballos, Mario. s.f. *Conservación de Monumentos*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.

Corbusier, Le. 1961. *El Modulor*. Buenos Aires: Poseidon.

Cultural Heritage Imaging. 2002 -2017. «Technologies.» *RTI*. Último acceso: 12 de Noviembre de 2016. <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>.

Favrod, Charles-Henri, M. Maffioli, Z. Ciuffoletti, y Emanuela Sesti. 2003. *Fratelli Alinari: Photographers in Florence*. Florencia: Alinari.

García, Manuel de Jesús Dueñas. 2014. *Tegistro arqueológico en 3D mediante la fotogrametría de rango corto*. San Luis Potosí: Universidad Atónoma de San Luis Potosí.

Jillette, Penn, y Teller. 2013. *Tim's Vermeer*. Dirigido por Teller. Producido por Teller y Penn Jillette. Interpretado por Tim Jenison, Penn Jillette y Martiin Mull.

Lambers, Karsten, Henri Eisenbeiss, Martin Sauerbier, Denise Kupferschmidt, Thomas Gaisecker, Soheil Sotode, y Thomas Hanusch. 2007. «Combining photogrammetry and laser scanning for the recording and

modelling of the Late Intermediate Period site of Pinchango Alto, Palpa, Peru.» *Journal of Archaeological Science*, 1702-1712.

Lerma, José Luis, Santiago Navarro, Miriam Cabrelles, y Valentín Villaverde. 2010. «Terrestrial laser scanning y close range photogrammetry for 3D.

Lomo Chile. 2013. *Fotografía análoga desde el sur del mundo*. 25 de Julio. Último acceso: 9 de Febrero de 2017. <http://www.lomochile.cl/2013/07/el-lente-petzval-una-revolucion-en-optica/>.

Lowe, David G. 1999. «Object recognition from local scale-invariant features. Proceedings of the International Conference on Computer Vision 2.» 1150-1557.

Martínez, Asensión Hernandez. 2008. *La arquitectura del Movimiento Moderno: entre la desaparición y la reconstrucción*. Zaragoza.

Midence Díaz, María José. 2011. *Reintegración del Centro Cultural Miguel Ángel Asturias al Siglo XXI*. Guatemala.

Monterroso, Raúl. 2008. *02 Moderna Guía de Arquitectura Moderna de Ciudad de Guatemala*. Guatemala: Centro Cultural de España en Guatemala.

Monterroso, Raúl. 2015. «Una estrategia de Revitalización integral para el CCMAA.» *Onceavo Festival de Junio* 40-43.

*Mosaico veneciano: su historia*. 2 de Junio. Último acceso: 10 de Julio de 2018. <http://arqa.com/empresas/novedades/mosaico-veneciano-su-historia.html>. 2016.

Oruña, Raúl Cuerno. 2013. *Estudio y análisis de láseres en fibra para su aplicación en LiDAR*. Cantabria : Universidad de Cantabria.

Otero, A. Ezquerro, R. Rodríguez-Solano, L: Martín, y I. Bachiller. 2010. *Fotogrametría y Teledetección*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Paiz, Neto. 2012. *Perfiles con Neto*. 24 de Junio. Último acceso: 18 de 03 de 2018. <https://perfilesconneto.wordpress.com/2012/06/24/arquitectura-de-guatemala-2/>.

Peter Gösel, Gabriele Leuthäuser. 2010. *Arquitectura del Siglo XX*. Vol. II. II vols. Taschen.

Prensa Libre. 2015. «Escenario.» *El Teatro Nacional celebra sus 37 años*. 16 de Juno. Último acceso: 14 de Enero de 2017.

<http://www.prensalibre.com/vida/escenario/el-teatro-nacional-celebra-sus-37-aos>.

Real Academia Española. 2014. *Diccionario de la lengua española Edición del Tricentenario*. Último acceso: 5 de Enero de 2017. <http://dle.rae.es/?id=BML54RZ>.

Steadman, Philip. 2001. *Vermeer's Camera: Uncovering the Truth Behind the Masterpieces*. Londres: OUP Oxford.

Topoequipos. s.f. *Topoequipos.com*. Último acceso: 5 de Enero de 2017. <http://www.topoequipos.com/dem/que-es/terminologia/que-es-fotogrametria>.

Torres, Helena. 2014. *Dibujo Arqueológico y 3D*. 12 de Septiembre. Último acceso: 3 de Febrero de 2017. <https://dibujoarqueologicoy3d.wordpress.com/author/helenisticat/>.

UNESCO. 1972. «Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.» Convención, París.

Urquiza, Ignacio. 2013. *ABC de la fotografía digital*. Editado por sergio Ávila. Mexico D.F.: Larousse.

Valverde Valdés, María Fernanda. 2003. *Los procesos fotográficos históricos*. México, D. F.: Archivo General de la Nación México.



## Anexo

---







## Documentación Digital

### Archivo de Manual de aplicación

- Enlace de descarga: <https://goo.gl/hud8ok>
- Código QR



### Archivo de planos en PDF

- Enlace de descarga: <https://goo.gl/xN8pR7>
- Código QR



### Revit

- Enlace de descarga: <https://goo.gl/iXNoJa>
- Código QR



### Sketchfab

- Enlace de descarga: <https://skfb.ly/6o6Tl>
- Código QR



### Autodesk ReCap 360

- Enlace de descarga: <https://goo.gl/gVWTYw>
- Código QR



### Autodesk 3DS Max

- Enlace de descarga: <https://goo.gl/vo8ubV>
- Código QR



### Autodesk ReCap Photo

- Enlace de descarga: <https://goo.gl/4q7sbG>
- Código QR



### Principio Básico del daguerrotipo

- Dirección de enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=gpUsZ8IRjFc>

### Tim's Vermeer

- Dirección de enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=foG1Nldak7Y>

Guatemala, octubre 10 de 2018.

Señor Decano  
Facultad de Arquitectura  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Dr. Byron Alfredo Rabe Rendón  
Presente.

Señor Decano:

Atentamente, hago de su conocimiento que con base en el requerimiento del estudiante de la Facultad de Arquitectura: **ERNESTO ALEXANDRO BAILEY LEONARDO**, Carné universitario: **201016663**, realicé la Revisión de Estilo de su proyecto de graduación titulado: **LEVANTAMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS EN ARQUITECTURA MODERNA DE GUATEMALA, APLICADO A LA FACHADA DEL CCMAA**, previamente a conferírsele el título de Arquitecto en el grado académico de Licenciado.

Y, habiéndosele efectuado al trabajo referido, las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta, cumple con la calidad técnica y científica que exige la Universidad.

Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,



Lic. Maricella Saravia  
Colegiada 10,804

Lic. Maricella Saravia de Ramírez  
Colegiada 10,804

Profesora Maricella Saravia Sandoval de Ramírez  
Licenciada en la Enseñanza del Idioma Español y de la Literatura

LENGUA ESPAÑOLA - CONSULTORÍA LINGÜÍSTICA  
Especialidad en corrección de textos científicos universitarios

Teléfonos: 3122 6600 - 2252 9859 - maricellasaravia@hotmail.com  
maricellasaravia@gmail.com

**Levantamientos fotogramétricos en arquitectura moderna de Guatemala, aplicado  
a la fachada del CCMAA**

Proyecto de Graduación desarrollado por:

  
Ernesto Alejandro Bailey Leonardo

Asesorado por:

  
Dr. Arq. Danilo Ernesto Callen Álvarez  
No. de Colegiado 1314

  
Dr. Arq. Brenda Janeth Porras Godoy  
No. de Colegiado 1607

  
Dr. Arq. Raúl Monterroso Juárez  
No. De Colegiado 1038

Imprímase:

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
Dr. Byron Alfredo Rabe Rendón  
Decano